



Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises.

Anny Galeano Díaz

Universidad Nacional de Colombia

Maestría en Construcción

Bogotá, Colombia

2017

Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises.

Anny Galeano Díaz

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Construcción

Director:

Mg Dr.(c) David Zamora

Codirector:

Mg. Miguel Gamba

Línea de Investigación:

Arquitectura sostenible

Universidad Nacional de Colombia

Maestría en Construcción

Bogotá, Colombia

2017

*"Una vez agotada el agua en el planeta, ni lágrimas
tendremos para lamentarnos"*

Hermes Varillas Labrador

Resumen

Como resultado en la disminución del agua disponible para consumo humano a nivel mundial, principalmente por el cambio climático y actividades humanas relacionadas con el consumo excesivo del recurso hídrico, se ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que permitan generar vías para el uso eficiente del agua. En diferentes países se han incorporado la reutilización de aguas residuales en vivienda como una solución a la escasez del agua, haciendo uso principalmente de aguas grises, ya que estas representan aproximadamente el 60% del agua potable usada en una vivienda y su calidad hídrica está caracterizada por el bajo contenido de materia orgánica lo que permite que el riesgo a la salud humana sea menor.

En Colombia el uso del agua potable para actividades domésticas es la segunda actividad que más demanda del recurso hídrico después de la agricultura, principalmente en las grandes urbes, como Bogotá. La investigación presentada en este documento tiene como objetivo principal determinar la viabilidad de incorporar un sistema comercial para el tratamiento y reutilización de aguas grises en bloques de vivienda nueva, esto con el fin de generar una herramienta que permita proponer a las diferentes constructoras de la ciudad la incorporación de esta alternativa, planteado desde el diseño para limitar los gastos adicionales que generaría la instalación en construcciones antiguas. Para esto se tuvo en cuenta tres factores de afectación como son la rentabilidad económica, la responsabilidad ambiental y la aceptación social.

Como caso de estudio fue seleccionado un conjunto de viviendas de estrato socioeconómico tres (3) de la ciudad de Bogotá, ya que este estrato representa el mayor número de suscriptores al servicio de acueducto (547.214 suscriptores) y es el estrato con mayor área en proceso de construcción para vivienda (2.305.465 m²) en esta ciudad. El caso de estudio fue el conjunto residencial Sabana Verde Etapa II, donde fueron encuestadas 147 personas de las 186 casas existentes. Las edades de la población encuestada oscilaron entre 18 y 72 años, quienes mostraron en general, una tendencia a aceptar el sistema por su aporte ambiental y reducción económica en el pago del agua potable facturada, siempre y cuando el valor de inversión inicial no fuera superior a \$2.000.000 COP y las propiedades físicas del agua tratada principalmente olor y color fueran similares al agua potable.

Con base en la información recolectada en la encuesta y el apoyo del Departamento de Estadística adscrito a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá se pudo identificar tres (3) perfiles, donde la formación académica era una característica predominante de estos, por lo cual a mayor nivel de formación mayor disposición ante el sistema propuesto. A partir de la metodología para la toma de decisiones multicriterio ANP (*Analytic Networks Process*) se pudo concluir que es viable la instalación del sistema comercial para el tratamiento y reutilización de aguas grises en nuevas edificaciones para vivienda, entendiendo como los tres factores: económico, ambiental y social, se correlacionan y son claves para correcto desarrollo de esta alternativa, donde la aceptación social es el factor predominante y decisivo.

Palabras clave: aguas grises, reutilización, sistemas alternativos, viabilidad, multicriterio.

Abstract

As a result of the decrease in water available for human consumption worldwide, mainly due to climate change and human activities related to the excessive consumption of water resources, it has become necessary to search for new alternatives that allow for the efficient generation and use of water. In different countries the reuse of wastewater in housing has been incorporated as a solution to water scarcity, making use mainly of grey water. At present, grey water represents approximately 60% of the potable water used in a house. Its water quality is characterized by the low content of organic matter which allows for a decreased risk to human health.

In Colombia, the use of drinking water for domestic activities is the second most water intensive demand behind agriculture, mainly in large cities, such as Bogotá. The main objective of the research presented in this document is to determine the feasibility of incorporating commercial system for the treatment and reuse of grey water in news housing blocks, this with object generate a tool that allows to propose the different companies of construction in the city incorporate this alternative, it projected from the design without additional charge that generate installation in old constructions. For this, three factors were considered, including economic profitability, environmental responsibility and social acceptance.

As a case study, a housing unit from third (3) stratum of the city of Bogotá was selected. This stratum represents the largest number of subscribers to the aqueduct service (547,214 subscribers) and is the stratum with the largest area currently in the process of housing construction (2,305,465 m²) in the city. The case study was based on the residential complex Sabana Verde Etapa II, where 147 people from the 186 existing houses were surveyed. The ages of the surveyed population ranged from 18 to 72 years. In general, the population showed a tendency to accept the system for its environmental contribution and the reduction in payment for potable water invoiced, provided that the initial investment value did not exceed \$ 2.000.000 COP and the physical properties of the treated water, mainly odor and color were similar to drinking water.

Based on the information collected in the survey and the supporting evidence from the Department of Statistics, as a supplementary body of the Faculty of Sciences of the National University of Colombia - Bogotá, three (3) profiles could be identified, and outline in the research below. The level of education was a predominant characteristic of these profiles. With a higher education level, those interviewed showed a greater inclination towards the used of the proposed system. From the methodology for multicriterion decision making ANP (Analytic Networks Process) it was possible to conclude that the installation of the commercial system for the treatment and reuse of greywater in new housing constructions is viable, so long as the previously mentioned factors are taken into consideration: economic, environmental and social. These factors are correlated and are key to the successful development of this water alternative, with a higher priority placed on social acceptance as the predominant and decisive factor.

Keywords: grey water, reuse, alternative systems, viability, multicriteria.

Contenido

Resumen	VII
Lista de Ilustraciones.....	XI
Lista de Graficas.....	XI
Lista de tablas.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	4
1. ESTADO DEL ARTE: Reutilización de aguas residuales y sus factores de afectación económico, ambiental y social	5
1.1 GENERAL	5
1.1.1 Antecedente en Colombia.....	9
1.1.2 Reutilización de aguas y salud pública	12
1.1 NORMATIVA NACIONAL	16
1.2 NORMATIVA INTERNACIONAL.....	18
1.3 CASOS APLICADOS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	21
1.4 SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS APLICADOS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES.....	27
1.4.1 Tipos de tratamientos.....	27
1.4.2 Sistemas de tratamiento.....	28
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
2.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....	34
2.2 ENCUESTA: APROXIMACIÓN AL NIVEL DE ACEPTACIÓN SOCIAL.....	39
2.3 HERRAMIENTA FINANCIERA - ÍNDICE DE RETORNO DE LA INVERSIÓN	47
2.4 ANÁLISIS MULTIVARIADO Y AGRUPACIÓN DE INDIVIDUOS	48
2.5 METODOLOGÍA PARA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO - ANALYTIC NETWORKS PROCESS.....	50
3. RESULTADOS.....	55
3.1 RESPONSABILIDAD AMBIENTAL.....	55
3.1.1 IMPACTO DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS...	55
3.2 RENTABILIDAD ECONÓMICA	60
3.2.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN	60
3.2.2 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RETORNO PARA EL CASO DE ESTUDIO	65
3.3 APRECIACIÓN SOCIAL	69
3.3.1 ENCUESTA.....	69
3.4 VIABILIDAD	73
4. CONCLUSIONES.....	82
5. BIBLIOGRAFÍA	85
6. ANEXOS	93

6.1	Base de datos empresas comercializadoras plantas o sistemas para tratamiento de aguas residuales, oferta comercial y fichas técnica de los sistemas compactos.	94
6.2	Reseña básica barrial del conjunto Residencial Sabana Verde II.	95
6.3	Formulario de encuesta realizada al conjunto Residencial Sabana Verde II.....	96
6.4	Resumen por intensidad de respuesta encuesta realizada al conjunto Residencial Sabana Verde II	97
6.5	Análisis de la encuesta realizado por el Departamento de Estadística.	98
6.6	Análisis de influencia entre factores según metodología para toma de decisiones multicriterio ANP	99
6.7	Comparación Pareada y Ponderación entre factores según metodología para toma de decisiones multicriterio ANP	100

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1-1 Mapa de casos aplicados en la reutilización de aguas residuales	21
Ilustración 2-1 Plantas de tratamiento comercialmente disponibles en Colombia.....	35
Ilustración 2-2 Planta compacta para tratamiento de aguas grises	36
Ilustración 2-3 Distribución en planta de redes hidráulicas, sanitarias, aguas grises y aguas grises tratadas	37
Ilustración 2-4 Metros cuadrados para vivienda en proceso por estrato socioeconómico 2016....	41
Ilustración 2-5 Localización Conjunto residencial Sabana Verde Etapa II	44

Lista de Graficas

Gráfica 1-1 Principales razones aceptadas por constructoras colombianas para la incorporación de un	11
Gráfica 2-1 Metros cuadrados para vivienda en proceso por tipo de vivienda	41
Gráfica 2-2 Facturación por estrato servicio de acueducto 2013 - 2014	42
Gráfica 2-3 Proyección de los grupos sobre plano factorial	48
Gráfica 3-1 Carga de materia orgánica (DBO) aportada al Río Bogotá.....	57
Gráfica 3-2 Consumo por estratos primer trimestre 2016 de Bogotá	61
Gráfica 3-3 Tarifas por metro cúbico/usuario/mes primer trimestre de 2016 en Bogotá.....	65
Gráfica 3-4 Número de personas encuestadas por edad	70
Gráfica 3-5 Porcentaje de influencia de factores	81

Lista de tablas

Tabla 1-1 Tabla comparativa tarifas para la reutilización de aguas residuales USD/hab./año	8
Tabla 1-2 Investigaciones para el tratamiento y reutilización de aguas grises en Colombia	9
Tabla 1-3 Normativa Internacional reutilización de aguas residuales	19
Tabla 1-4 Cuadro comparativo aguas grises	20
Tabla 1-5 Características de aguas grises domesticas según origen	20
Tabla 1-6 Tecnologías aplicables en pequeñas comunidades	31
Tabla 2-1 Mapa de la estructura metodología de investigación mixta	33
Tabla 2-2 Costo de instalación redes para la evacuación y suministro de aguas grises	38
Tabla 2-3 Comparación de los métodos de recolección de la información	39
Tabla 2-4 Promedios Comerciales acueducto EAAB Bogotá primer trimestre 2016	40
Tabla 2-5 Clasificación tipo de pregunta según factor de afectación	43
Tabla 2-6 Mapa de la estructura de la encuesta aplicada	46
Tabla 2-7 Agrupaciones de encuestados según características	49
Tabla 2-8 Diagrama de la matriz interfactorial	51
Tabla 2-9 Escala de comparaciones pareada	51
Tabla 2-10 Diagrama matrices de comparación pareada	52
Tabla 2-11 Diagrama matriz de comparación pareada, ponderación y vector propio	52
Tabla 2-12 Diagrama Proporción de Consistencia	53
Tabla 2-13 Diagrama Supermatriz Ponderada	54
Tabla 2-14 Diagrama Supermatriz Límite	54
Tabla 3-1 Rango de consumo energético	56
Tabla 3-2 Proyección ahorro de emisiones CO ₂ por suscriptor	59
Tabla 3-3 Proyección ahorro de emisiones CO ₂ conjunto Sabana Verde II	59
Tabla 3-4 Datos ECV 2015	61
Tabla 3-5 Cálculo consumo de agua	61
Tabla 3-6 Tabla actividades relacionadas aguas grises	62
Tabla 3-7 Tabla actividades relacionadas con aguas grises	63
Tabla 3-8 Valor por usuario y habitante de plantas para tratamiento No. 1 y No. 2	64
Tabla 3-9 Amortización de inversión	66
Tabla 3-10 Amortización detallada de inversión y ROI planta No 1	67
Tabla 3-11 Amortización detallada de inversión y ROI planta No 2	68
Tabla 3-12 Resultados de la encuesta	72
Tabla 3-13 Factores de afectación	74
Tabla 3-14 Supermatriz interfactorial	75
Tabla 3-15 Matriz de comparación pareada, ponderación y valor propio para EC	76
Tabla 3-16 Proporción de consistencia	77
Tabla 3-17 Supermatriz de comparación pareada	77
Tabla 3-18 Supematriz ponderada estocástica	78
Tabla 3-19 Supermatriz límite	79
Tabla 3-20 Valor límite de factores	80
Tabla 3-21 Valor límite de alternativas	81

INTRODUCCIÓN

La red internacional formada por el Banco Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *Global Water Partnership* (GWP) en conmemoración del día del agua el 22 de junio de 2015 publicó un informe en el que resalta que solo el 2.5 % del agua del planeta Tierra es apta para el consumo, encendiendo las alarmas, ya que en el informe anterior se calculó que la cifra era del 3 %. Adicionalmente, se estima que alrededor del 90% de las aguas residuales son vertidas directamente a fuentes naturales sin ningún tipo de tratamiento lo que limita de forma acelerada los recursos hídricos con los que cuenta el planeta.

A nivel mundial, la escasez de agua ha generado la búsqueda de nuevas soluciones para preservar y satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes. Entre las múltiples soluciones que se han planteado está la reutilización de aguas grises, las cuales son sometidas a diferentes tratamientos para eliminar las concentraciones de los determinantes de la calidad del agua que afecta la salud humana (España, Real Decreto 1620/2007).

Según la dirección del Departamento de Planeación Nacional en Colombia se pierde alrededor del 43 % del agua potable que es distribuida para consumo en actividades humanas, las cuales se pierden directamente por filtraciones o problemas en las instalaciones y aparatos hidrosanitarios, aun cuando el máximo permitido por estándares internacionales es del 30 %. Este problema es exacerbado por la falta de cultura sobre el buen uso del agua en el país (DNP, 2016).

A nivel doméstico hay actividades que no requieren agua potable tales como descarga de inodoros, riego, limpieza, entre otros, que en promedio gastan un 40% del total de agua consumida en una vivienda. La principal característica para el uso de aguas grises es la carga casi nula de materia fecal, lo cual las hace potencialmente aptas para la reutilización *in situ*. Adicional las aguas grises son entre el 40 % y 60 % del total de aguas residuales producidas en una vivienda, lo que genera suficiente agua para ser reutilizada en las actividades mencionadas anteriormente (AQUA ESPAÑA, 2011).

Al buscar alternativas para la gestión del agua que no solo busquen satisfacer la demanda de consumo, sino también protejan las fuentes hídricas de una mayor explotación como las aguas superficiales y subterráneas. Entre los múltiples beneficios que trae la reutilización de aguas grises, está el ahorro de agua generado por los aparatos hidrosanitarios que no requieren que el agua sea exclusivamente potable, lo cual se traduce en un incremento en las reservas necesarias para satisfacer la demanda básica (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

A pesar del uso potencial que se le pueda dar a las aguas grises en las ciudades, estas representan un alto riesgo para la salud humana y el ambiente, ya que pueden llegar a contener patógenos y sustancias nocivas (por su propia naturaleza de origen). Por lo tanto, se hace necesario un tratamiento previo de estas aguas para su posterior inserción de nuevo al ciclo de consumo doméstico (*Seattle Public Utilities Utility Systems Management Branch*, 2008).

En Colombia, actualmente se está incorporando nuevas estrategias para el uso responsable del recurso hídrico, enfocado a las grandes urbes y las nuevas construcciones que en estas se presentan. Lo anterior apoyado en normativas como el Decreto 1285 de 2015, el cual entró en vigor en el mes de julio de 2016 "*Por el cual se modifica el Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones*" donde se establecen parámetros que permitan un mejoramiento en la calidad ambiental y social de las nuevas edificaciones en Colombia, el alcance de este Decreto a nivel nacional es para municipios superiores a 1.200.000 habitantes (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2015).

En el presente documento se realiza una evaluación, basada en tres factores que permiten hacer una aproximación a las variables que determinan la viabilidad de implementar nuevas propuestas para la optimización del uso del recurso hídrico: rentabilidad económica, responsabilidad ambiental y aceptación social. Generando una herramienta que apoye la toma de decisiones a las diferentes constructoras de la ciudad frente a la incorporación de sistemas alternativos para el manejo de aguas grises en nuevas construcciones.

Dentro del factor económico se contemplan los costos de inversión, gastos de mantenimiento y uso de un sistema comercial basado en la degradación de la materia a través de oxidación, también se consideró la rentabilidad del sistema de depuración al generar directamente una disminución de agua potable, demanda que reflejada en la reducción del pago de las tarifas del agua.

Bogotá cuenta con una de las tarifas más altas para el agua potable en el país, dado el tamaño y número de habitantes requiere de una infraestructura que permita el transporte, tratamiento y distribución de agua a toda la ciudad. La principal fuente de agua para la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá- ESP está en el Parque Nacional Natural Chingaza, la cual está a una distancia de Bogotá superior a los 100km y debe ser suministrada a gran parte de la ciudad a través de 560 kilómetros de red matriz y 8.500 km de tuberías de distribución (red secundaria) que representa dentro de la tarifa que a cada usuario le llega 49 % del total facturado (El Tiempo, 2010).

La responsabilidad ambiental es un factor que intenta aproximarse a la cultura y la educación de a los ciudadanos, con respecto a mejores usos del agua, disminuyendo el consumo y la sobre explotación del recurso hídrico, así como la evaluación comparativa entre los beneficios ambientales que presenta la reutilización de aguas grises. Según el Plan Nacional de Manejos de Aguas Residuales Municipales de Colombia de 2004, para el año de 1999 la materia orgánica generada por las actividades domésticas fue de 482.193 toneladas, de las cuales solo el 4 % tuvo tratamiento antes de ser vertida en los cuerpos hídricos, siendo Bogotá el mayor productor de aguas residuales representando más del 15.3 % del total a nivel nacional (Ministerio de Ambiente, 2004).

En el factor social se tiene en cuenta la participación de la comunidad, quienes serán los usuarios finales, donde se tiene en cuenta la percepción y aceptación o rechazo que se pueda presentar, para este caso se seleccionó como grupo poblacional residentes de vivienda multifamiliar en estrato tres. El éxito de un proyecto de reutilización de agua se basa en gran medida por la participación desde etapas tempranas de la comunidad, proporcionando la oportunidad al público de participar y de tomar decisiones, facilitando de ese modo que se entienda el proyecto y se generen diversos puntos de vista sobre el tema. La importancia también radica en que es fundamental que las personas conozcan una información precisa y completa sobre los problemas del agua ampliando el conocimiento en conceptos de reutilización y formas de reciclaje, brindando información clave para el entendimiento del proyecto disminuyendo las preocupaciones que se generan alrededor del tema (Hartley, 2006).

En el desarrollo de esta investigación se usó como herramienta de consulta una encuesta de percepción con el fin de tener un acercamiento a la opinión sobre la reutilización de aguas grises en las viviendas. Teniendo en cuenta las condicionantes y variables que puedan influir en esta opinión, tales como el factor socioeconómico, donde tiene incidencia directa para la comunidad los costos que puedan derivar en la implementación del sistema, entendiendo el poder de inversión del grupo seleccionado (estrato 3) donde el 20 % del salario está destinado al pago de servicios básicos (agua, luz y gas) (Portafolio R. , 2017), y la rentabilidad que el sistema propuesto les pueda representar.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la viabilidad para la aplicación de un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises en las nuevas construcciones para vivienda en Bogotá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los aspectos relevantes que generan impacto ambiental en la implementación del sistema para tratamiento y reutilización de aguas grises.
- Determinar los costos de inversión inicial según la oferta comercial, el ahorro económico para el usuario directo y la rentabilidad del sistema.
- Definir el nivel de aceptación social con respecto al uso de aguas grises tratadas, reconociendo los criterios y factores que intervienen.

1. ESTADO DEL ARTE: Reutilización de aguas residuales y sus factores de afectación económico, ambiental y social

1.1 GENERAL

Actividades de origen antrópico han generado un cambio climático que en la actualidad afecta a la tierra que ha repercutido negativamente frente al agotamiento de los recursos hídricos. Por lo tanto, estrategias para mitigar y uso consiente del agua se han hecho necesarias. Se calculaba que aproximadamente 3 % del agua del planeta es dulce y de este solo el 1 % se encuentra disponibles para las necesidades de los seres vivos (Antón & Diaz Delgado, 2000), pero según informe del *Global Water Partnership* de junio de 2015, esta cifra es revaluada afirmando que solo el 2,5 % del agua en el mundo es consumible.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, a nivel mundial la media de consumo de agua por habitante, incluyendo el consumo para agricultura, industria y suministro urbano, es de 506 m³/habitante/año. Sin embargo, en países como Estados Unidos con una media de 1.575 m³/habitante/año. En Latinoamérica también hay países con consumos superiores al promedio. Por ejemplo, Chile con 2.126 m³/habitante/año, ya sea por factores como el desarrollo económico y el aumento de la producción agrícola e industrial. Colombia por su parte se encuentra por debajo de la media con 246,7 m³/habitante/año (FAO, 2015).

De acuerdo con las cifras proyectadas por el Banco Mundial la cantidad de agua disponible debe aumentar entre un 25 % al 60 % para satisfacer las necesidades globales. Esta problemática ha generado la búsqueda de nuevas alternativas para enfrentar la escasez del recurso hídrico, entre las que se encuentra la desalinización, siendo esta una solución inicialmente viable por tener suficiente materia prima para tratar, pero con costos ambientales y económicos superiores a los que puedan soportar la mayoría de los países (Rueda Palenzuela, 2009).

Takashi Asano, considerado el nobel del agua por la obtención del Premio Estocolmo del Agua de 2001, afirma que la sociedad ya no está en condición de usar el agua una sola vez haciendo alusión a la crisis del agua, y por tanto se deberá hacer uso de todos los sistemas de abastecimiento posibles. Takashi indica que una alternativa con alto potencial de innovación es la reutilización del agua residual, ya que en la actualidad se cuenta con las tecnologías que permiten su amplia implementación. Para esto, se deberán vencer los prejuicios y comprender que siempre el agua que usamos es reciclada independiente si es directa de la alcantarilla o del ciclo natural del agua (Asano, 2011).

La reutilización de aguas residuales urbanas ha aumentado a lo largo del mundo en las últimas dos décadas, evidenciando la eficiencia de esta solución, ya que es un recurso de fácil obtención. A pesar de la carga de contaminantes y patógenos que puedan atacar contra la salud humana estos pueden ser tratados en un 98 %, logrando una depuración casi total por medio de tecnologías rentables y con costos asequibles para países en vía de desarrollo que su implementación. (Levine & Asano, 2004).

Al reutilizar las aguas residuales domésticas se disminuye el nivel de aguas urbanas que deben ser transportadas en las redes de alcantarillado de la ciudad, permitiendo un mejor control de los sistemas urbanos de tratamiento (por ejemplo, plantas de tratamiento de aguas residuales), evitando afectaciones negativas sobre los mismo y mejorando los procesos depuración (Penn, Schütze, & Friedler, 2013).

Las aguas residuales pueden ser categorizadas en dos tipos:

1. Aguas Negras, que contienen un alto nivel de materia fecal, así como otros patógenos que implican potencial riesgo. Las aguas residuales producidas principalmente en sanitarios y bidets, y oscilan entre un 30 % y 40 % del total de agua consumida en la vivienda (SWITCH, 2011).

2. Las Aguas Grises, que comprenden un 60 % a 70 % de la demanda total de agua en una residencia. Procedentes de duchas, lavamanos y electrodomésticos que implican la descargas total o parcial del agua producida por lavadoras o lavavajillas (SWITCH, 2011).

Según el análisis comparativo realizado por el ingeniero ambiental y especialista en reutilización de agua de Israel Eran Friedler, el lavavajillas y lavaplatos son un contribuyente importante de materia orgánica y nutrientes en las aguas residuales, por lo que los tratamientos para la reutilización de aguas grises y negras deben ser diferentes y contemplar la carga contaminante generada por estos elementos (Friedler & Galil, 2005).

Existen diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas grises, que van desde sistemas simples de fácil implementación y mantenimiento, como filtros de arena y filtros con carbón activo, hasta tecnologías más complejas que permitan altos estándares de calidad como lo es el uso de los bio-reactores de membranas.

Un estudio publicado en 2007 por investigadores de la Universidad inglesa de Cranfield, analizó 64 casos de reutilización de aguas grises en más de 10 países de los cuales 26 eran sistemas piloto o de investigación en instituciones educativas y 38 fueron instalados en edificios usados por población civil. La mayoría de los sistemas puestos en casas particulares; 12 de ellos estaban en una escala más grande como hoteles, estadios y bloques de casas o residencias. El agua reutilizada fue usada en aplicaciones específicas, como

descarga de sanitarios (54 %), riego de zonas verdes o jardines (36 %) (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007).

Los sistemas de tratamiento descentralizados han tenido mayor acogida, ya que además de los beneficios ambientales y energéticos que este trae, permite que al tratar las aguas grises o negras en el mismo lugar donde estas son producidas sea más fácil acceder a estas para su reutilización. Este enfoque evita los costos de transporte mucho menores y estén limitados únicamente requerido en la instalación central, tanto el de abastecimiento como el de retroalimentación al sistema para el usuario final (Levine & Asano, 2004).

En 2005 el grupo de investigadores israelíes en cabeza de Eran Friedler determinó que mínimo para la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises, se requiere de 12 familias en un edificio de mínimo 3 plantas, contando que el tamaño medio de una familia es de 3 a 4 personas. Este tipo de vivienda multifamiliar es el más pequeño que puede auto financiar la operación y mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises por una empresa profesional certificada. En los últimos 20 años en Israel alrededor del 55 % de las nuevas construcciones son de edificios de al menos 3 pisos de altura, lo que hace viable la implementación de un sistema para la reutilización de aguas residuales (Friedler & Galil, 2005).

Por otra parte, en 2011 Thibodeau y otros publicaron un análisis comparativo en la revista inglesa de Ciencia y Tecnología del Agua (Water Science & Technology), en el cual se relacionan las tarifas que implica el funcionamiento de un sistema para el tratamiento de aguas residuales, (**Tabla 1-1**) indica que, a mayor número de usuarios conectados al sistema, menor es el valor asumido por cada usuario. El análisis realizado se hizo sobre un sistema que trata aguas grises y aguas negras de forma separada, discriminando los valores por etapas de funcionamiento desde la recolección hasta el uso, teniendo un mayor valor en la etapa del tratamiento, lo que sugiere que económicamente es más rentable para el usuario un sistema que trate un mayor volumen de agua, es decir para un mayor número de usuarios (Thibodeau, 2011).

Tabla 1-1 Tabla comparativa tarifas para la reutilización de aguas residuales USD/hab./año

Pasos / recursos de gestión	500 hab.	5,000 hab.	% *	50,000 hab.	% *
Recolección de aguas residuales	166	142,7	14 %	131,7	21 %
Descarga de sanitarios (Aguas negras)	24,1	24,1	0 %	24,1	0 %
Estación de descarga y tuberías (Aguas negras)	72,1	50,3	30 %	39,7	45 %
Tubos de drenaje / alcantarillado (Aguas grises)	69,4	68,3	2 %	67,9	2 %
Recolección y transporte	10,8	10,9	-1 %	11,3	-5 %
Recolección	10,7	10,7	0 %	10,7	0 %
Transporte	0,1	0,2	-100 %	0,6	-500 %
Tratamiento	129	55,8	57 %	31,9	75 %
Pre-tratamiento y construcción	42	14,2	66 %	4,9	88 %
Digestión anaeróbica	64,6	25,7	60 %	15,2	76 %
Tanque séptico y humedal construido	22,3	15,9	29 %	11,8	47 %
Reutilización	50	45,1	10 %	43,2	14 %
Manejo de digestión (lodos)	54,1	53,5	1 %	53,2	2 %
Manejo de biogás y agua caliente	-4,1	-8,4	-105 %	-10	-144 %
Energía	25,5	18,8	26 %	15,3	40 %
consumo eléctrico	7,2	6,6	8 %	6,3	13 %
consumo de calor	18,3	12,2	33 %	9	51 %
Equivalencia funcional	0	0	0	0	0
Agua consumible - Digestivos (nutrientes)	0	0	0	0	0
TOTAL	381	273,3	28 %	233,4	54 %

*% Porcentaje de disminución en el costo comparado con la tarifa para 500 hab.

Fuente: Adaptación de C. Thibodeau, F. Monette. At, Economic viability and critical influencing factors assessment of black water and grey water source-separation sanitation system, 2011

1.1.1 Antecedente en Colombia

Durante los últimos años en Colombia se han desarrollado diferentes investigaciones sobre el tratamiento y reutilización de aguas grises para vivienda, con sistemas convencionales y alternativos que se adapten a las condiciones del lugar, contemplando aspectos ambientales, económicos y sociales, la **Tabla 1-2** reúne alguna de las investigaciones mencionadas principalmente evaluadas en Bogotá.

Tabla 1-2 Investigaciones para el tratamiento y reutilización de aguas grises en Colombia

AUTOR	APORTE
(Mejia, Isaza, Aguirre, & Saldarriaga, 2004)	<p>A través de la construcción de un sistema el tratamiento de aguas grises de uso doméstico provenientes de duchas, lavamanos, lavaderos y lavadoras para la reutilización en las mismas viviendas se concluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> * El sistema ahorra el 49% del volumen de agua consumida en el hogar. * Los indicadores de calidad en el agua tratada mostraron que esta es apta para las actividades que no implican contacto o ingesta como; descarga de sanitarios, lavadero, lavadora, riego de jardines y lavado de pisos. * El sistema permite recuperar los gastos de instalación y de operación y mantenimiento.
(Tovar, 2006)	<p>La investigación sobre la viabilidad de la reutilización de aguas grises en multifamiliares en la ciudad de Bogotá concluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> * El ahorro de agua potable en los hogares analizados alcanza el 25 %. * Los estratos 3 y 4 son lo más interesados en instalar un sistema para el tratamiento y reutilización. * Una vez analizada las características físicas, químicas y organolépticas básicas de las aguas grises se determinó que es viable la instalación de un sistema en cualquiera de los estratos estudiado.
(Martínez, 2006)	<p>Basado en un estudio de factibilidad para la implementación diferentes sistemas ofrecidos en el mercado español para la reutilización de aguas grises en viviendas de estrato 4, 5 y 6 en Bogotá, donde se analizaron cinco dispositivos con diferente sistema de tratamiento, concluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Es factible la instalación del 80% de los dispositivos evaluados. * Hay un ahorro del 45% en el consumo de agua potable reutilizando las aguas grises generadas en cocina, lavamanos, lavadero, duchas y lavadora. * La recuperación de la inversión en un plazo no mayor a 30 meses para cualquiera de los estratos.

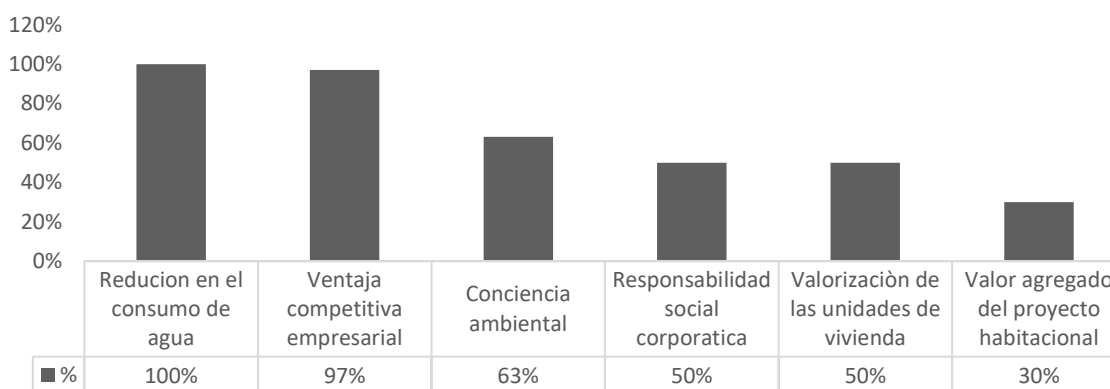
(Sierra, 2007)	<p>A partir del diseño y construcción de un humedal artificial para el tratamiento y reutilización de aguas grises producidas en unidades residenciales de 100 viviendas de interés social de Bogotá, en actividades como descarga de sanitarios, lavadora, aseo y riego de jardines, concluyó:</p> <p>* El proyecto propuesto es factible económicamente ya que el costo de inversión por unidad residencial es de \$ 980.000, valor que se recuperaría en 38 meses.</p>
(Artunduaga & Alfonso, 2006)	<p>La Universidad Nacional desarrolló HUMEDAR – I, un prototipo de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales, compuesto por un reactor anaerobio, seguido de un humedal artificial de alta tasa conformado por plantas nativas y comunes sobre un sustrato de material plástico reciclado que sirve como lecho filtrante, tanto las plantas como la biopelícula elevando la efectividad del sistema del 60 % a 95 %.</p> <p>Este prototipo requiere menos de 50 m2 con una inversión total de \$40 millones, con capacidad para tratar aguas producidas por una comunidad de mil personas. Donde a comparación con los sistemas clásicos usados en el país demandarían costos 3 veces mayores adicional del espacio requerido de mínimo una hectárea de terreno.</p>
(López, 2011)	<p>La Universidad Industrial de Santander desarrolló una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones, la cual concluyó que la implementación de estos sistemas es viable desde los puntos de vista ambiental y económico, adicional que, al reemplazar el agua tratada en otras actividades en las edificaciones, permite garantizar el abastecimiento de agua potable por más años a las viviendas.</p>
(Ardila Galvis, 2013)	<p>La investigación presentada tenía como objeto verificar la viabilidad técnica y económica al instalar un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises domésticas en un periodo de 15 años. Según el análisis de la autora y basada en los datos recolectados la investigación concluyó que económicamente es viable la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises para edificios residenciales, con una tasa interna de retorno (TIR) del 5,75% en el periodo analizado.</p> <p>En cuanto a la viabilidad técnica no se precisa confirmar ya que depende directamente de las normativas y parámetros que la ley colombiana establezca para la reutilización de aguas grises domesticas al interior de la vivienda, y que a la fecha no existen.</p>

(Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 2016)	<p>Un grupo de estudiantes de la facultad de Minas elaboró una propuesta para el tratamiento de aguas grises domesticas para su posterior reutilización en actividades al interior de la vivienda, el sistema está compuesto por dos tanques, una trampa de grasa, un filtro de cartucho, un tanque para desinfección con cloro y una bomba solar para retornar el agua tratada la vivienda.</p> <p>Según los autores para lograr que sea económicamente viable se requiere mínimo una compra de 30 unidades en estratos 5 y 6 con una inversión inicial aproximada de 200 millones de pesos con una vida útil de 10 años</p>
(Jiménez Castillo, Herrera Valbuena, & Gacha Gonzales, 2016)	<p>A partir del análisis técnico y económico de los sistemas para el tratamiento de aguas lluvia y grises de una empresa estadounidense y otra de Reino Unido, para la recolección, tratamiento y reutilización de aguas lluvias y grises en Colombia, específicamente para conjuntos de vivienda tipo torre de estratos 4, 5 y 6 en la ciudad de Bogotá, se evidenció que la viabilidad económica es favorable; al ser evaluada la tasa interna de retorno (30%) siempre fue positiva tanto en los escenarios pesimista como para el realista y optimista.</p>

Fuente: Elaboración propia basada en las publicaciones de los autores y compilado de Niño, E.; Martínez, N., *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*, 2013.

Otra de las investigaciones de gran aporte para el enfoque del presente trabajo, es la desarrollada por los estudiantes de la Maestría en Administración de la Universidad de la Salle en 2014, donde se evaluó la intensión de compra e instalación de un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises en las nuevas construcciones de vivienda en Bogotá, consultando a siete de las principales constructoras de la ciudad y el país (Amarillo, Área Urbana Diseño y Construcción, Colpatria, Constructora Bolívar, Grupo Espacios e Ideas, Marval, Pedro Gómez y Promotora Apotema), las cuales presentaron gran interés en la instalación de esta alternativa (**Gráfica 1-1**) (Hernandez & Diaz, 2014).

Gráfica 1-1 Principales razones aceptadas por constructoras colombianas para la incorporación de un



Fuente: Adaptación de Hernández, B.; Diaz, L., *Sistemas de reciclaje de aguas grises, como alternativa de comercialización en la ciudad de Bogotá*, 2014

1.1.2 Reutilización de aguas y salud pública

Existen varias limitantes en la reutilización de aguas residuales, tales como el impacto ambiental relacionados con patógeno y oligoelementos orgánicos, así como los efectos toxicológicos a largo plazo por filtraciones que puedan afectar la calidad de los acuíferos, adicional de la corrosión y ensuciamiento en las redes de suministro y las condiciones estéticas del agua como malos olores y turbidez. Los factores económicos y sociales juegan un papel fundamental, ya que a pesar de asegurar la calidad del agua se requiere de aceptación pública e inversión para ejecución (Asano, 2001).

La salud pública es uno de los factores más importantes en la reutilización de aguas residuales por lo que la planeación en estos procesos es clave, teniendo en cuenta los riesgos que puedan presentarse como posibles conexiones erradas con sistemas de agua potable, así como la eficacia en la integración con las otras redes de suministro. Los tratamientos para aguas residuales y su posterior reutilización han sido evaluados y probados por la comunidad científica, logrando altos estándares de calidad en el agua llegando a ser apta para el consumo humano (Asano & Levine, 1998).

La aceptación social ante la reutilización de aguas residuales es inversa al nivel de contacto que se tenga con estas, aun cuando se garantice la calidad del agua. En una encuesta realizada en 2004 a 256 personas en Israel, se concluyó que la educación y la información que tenga la población sobre el agua residual tratada para la reutilización será un factor primordial para la aceptación debido a que el desconocimiento es la principal fuente de miedo y rechazo a las nuevas alternativas para el uso eficiente del agua. El artículo donde se publica esta encuesta hace un análisis de nueve encuestas realizadas en países como Estados Unidos, Reino Unido y Australia, donde alrededor de un 97 % de la población encuestada muestra aceptación por uso de aguas residuales tratadas para actividades como riego y limpieza de calles, el 87 % para descarga de sanitario, y el 55 % lavado de carros. En general, el promedio de aceptación de la población encuestada (89 %) utilizaría agua residual tratada para el uso de limpieza, riego y descarga de sanitarios (Friedler, Lahav, Jizhaki, & Lahav, 2006).

En la actualidad existen tratamientos de agua residual que han probado su eficacia, sin embargo también existe una gran barrera psicológica asociada a la reutilización de agua residual, aun existen partículas asociadas a elementos químicos que continúan haciendo presencia en el agua recuperada y sus efectos en la ingestión no han sido comprobados. Como consecuencia a estas incertidumbres y a la percepción pública negativa, las aguas producto del tratamiento de reutilización no han encontrado la aceptación para el uso potable de forma directa (Asano, 2001).

El uso de agua reciclada para el consumo humano estaba previsto para la década de 1950, sin embargo, fue veinte años más tarde cuando se comenzaron los estudios de la percepción y la aceptación existentes entorno a la reutilización del agua. Gran parte de estos estudios se realizaron en EE.UU, donde se hizo evidente que la escasa aceptación pública era el principal obstáculo para la implementación de cualquier tipo de proyecto sobre reciclaje. Posteriormente, las investigaciones se han limitado a la búsqueda de formas para influenciar a la población a usar agua reciclada, sin entrar a profundidad sobre los diferentes factores que influyen en esta percepción pública y cómo esto a su vez afecta la toma de decisiones de las personas. (Po, D. Kaercher, & E. Nancarrow, 2013)

Una de las mejores formas de superar el rechazo hacia el agua reciclada es la optimización perceptual, al lograr agua que ante los sentidos sea igual que el agua de fuentes convencionales, ya que un mismo producto puede ser aceptado o rechazado por la sociedad según lo que represente. Si se usa una figura como Adolf Hitler la sociedad no aceptará algo que haya tenido contacto con él por el imaginario colectivo de ser algo malo y perjudicial, situación que no sucedería si fuera exactamente el mismo objeto con las mismas características, pero que haya tenido contacto con la Madre Teresa (Rozin, Haddad, Nemeroff, & Slovic, 2015).

Según La Organización Australiana para la Investigación de la Ciencia e Industria (siglas en inglés CSIRO), en Australia hasta hace pocos años surgió la necesidad de investigar más a fondo todo el ámbito social que gira en torno al proceso de aceptación del reciclaje por parte de la comunidad en general y se identificaron factores que afectan de forma notable la reutilización de agua:

- El asco.
- La percepción de riesgo asociado con el uso de agua reciclada.
- Los usos específicos de agua reciclada.
- Las fuentes de agua para ser reciclados.
- Las actitudes hacia el medio ambiente.
- El costo del agua reciclada.

Desde 1970 las personas reconocían abiertamente la existencia de una barrera psicológica en la reutilización de agua, barrera que se fundamenta en la dificultad para aceptar el consumo de agua que fue utilizada con anterioridad o incluso el agua que viene directamente del suministro, es por este motivo que las personas continúan consumiendo agua embotellada o pasan el agua potable del suministro por filtros antes de ser consumida. Existe en gran medida un malestar emocional que se alimenta por el contacto con ciertos elementos que comúnmente pueden provocar reacciones de asco como excrementos, orina, saliva, barro y suciedad en general (Friedler, Lahav, Jizhaki, & Lahav, 2006).

En 1999 Sídney Water la empresa de mayor distribución de agua en Australia, realizó una encuesta donde se indicó que la percepción individual respecto al apoyo en el uso de agua reciclada se asocia a un factor de rechazo que aumenta la oposición por posibles riesgos en la salud. Los participantes de esta encuesta informaron sobre su preocupación constante en torno a la seguridad del uso de agua reciclada y temor a que agentes patógenos o elementos químicos desconocidos afecten su salud. La mayoría de los encuestados (89 %) afirmó que no tenían ninguna objeción al reciclaje de agua, siempre y cuando la seguridad esté garantizada. Sin embargo 92 % de los encuestados manifestó su preocupación por el consumo de esta agua por parte de los niños y la dificultad en permitir que esta agua se utilice para cocinar o beber (Sydney Water, 1999).

Un estudio realizado en Reino Unido concluyó que el nivel de aceptación de reutilización de aguas grises o aguas residuales tratadas es más alto cuando son aguas de la propia vivienda, mientras que existe dificultad en aceptar el agua tratada proveniente de fuentes públicas o secundarias. Este hallazgo se asocia a que la percepción que tienen las personas frente a sus propios residuos es menos repugnante que lo que sienten hacia los desechos de los demás (Jefferson, Palmer, Jeffrey, Stuetz, & Judd, 2004).

La cultura es parte fundamental en los proyectos ambientales que se quieran desarrollar en una comunidad, cualquier cambio que se requiera debe contemplar las dinámicas culturales en las que estarán inmersos. Como pieza clave para el óptimo desarrollo de un proyecto está el análisis de la comunidad dentro de un medio natural, más que el estudio del propio medio, ya que es la comunidad la que determina el futuro tanto del proyecto como del medio donde se esté. Cualquier intento de cambiar las costumbres y comportamientos habituales en una sociedad debe apoyarse en estrategias de acción educativa, para que estas acciones tengan los resultados esperados es necesario conocer desde el interior todos los aspectos de la cultura (Pacheco Rodríguez, 2003).

Según afirma Joyce Wegner, quien ha colaborado en las investigaciones para la reutilización de aguas residuales de Takashi Asano (ganador del Premio Estocolmo del Agua de 2001), el éxito de un proyecto de reutilización de agua se basa en gran medida por la participación desde etapas tempranas de la comunidad, proporcionando la oportunidad al público de participar y de tomar decisiones, facilitando de ese modo que se entienda el proyecto y se generen diversos puntos de vista sobre el tema.

La incorporación de nuevos sistemas o instalaciones al interior de la vivienda implican un trabajo conjunto entre las empresas comercializadora, el usuario y los gobiernos a través de política de regulación adecuada. Es así como se evidenció a finales del 2004, cuando Colombia sufrió la masificación en la instalación de gas natural domiciliario, en ciudades

como Bogotá se evidenció un cambio en la concepción social ante el riesgo y beneficios de esta nuevo sistema, pasando de 300.000 hogares con gas en 1997 a más de 1.400.000 en 2004, crecimiento a un ritmo promedio de 100.000 nuevas instalaciones por año (El Tiempo, 2005).

Parte de las iniciativas que viene desarrollando el gobierno nacional son las nuevas políticas que incentivan el uso eficiente de los recursos naturales en el país, tales como la Resolución 1207 del 25 de julio de 2014 “Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas” que especifica las condiciones relacionadas con la reutilización del agua únicamente para uso agrícola e industrial, en esta última contemplando la reutilización en la descarga de aparatos sanitarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014). La carga contaminante límite y las condiciones mínimas que deben contener las aguas residuales para ser reutilizada en actividades domésticas y los casos en los que se podían aplicar, son diferentes en cada país. En el caso de Colombia actualmente no se han establecidos estos parámetros.

1.1 NORMATIVA NACIONAL

En 1997, el gobierno nacional promulgó la ley 373 “*por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*” la cual sigue vigente y delega como responsable a las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), demás autoridades ambientales, entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico, de generar una serie de programas periódicos que permitan hacer frente a las problemáticas convencionales que se han presentado en el país tales como deficiencia en el abastecimiento, pérdidas y consumo injustificado del agua (Congreso de Colombia, 1997).

De otra parte, el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) de 2004 reúne los planes de mejoramiento que debe desarrollar el Estado para mitigar la contaminación generada por las aguas residuales domésticas e industriales a través de la gestión adecuada de los vertimientos que son descargados a las redes de alcantarillado y de su posterior tratamiento. En el PMAR se propone una serie de estrategias para el “*fomento a nuevas alternativas de manejo y tratamiento de aguas residuales*” que tiene por objetivo principal promover alternativas que tenga viabilidad en aspectos técnicos, ambientales y financieros (Ministerio de Ambiente, 2004).

Según el numeral de 5.5.2 del PMAR “*Fomentar y hacer seguimiento a proyectos piloto de reúso de aguas residuales*” se evidencia el interés por incentivar la reutilización de aguas residuales como una oportunidad estratégica para la protección de los cuerpos hídricos. A lo anterior se suma el interés del Departamento Nacional de Planeación y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy día Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) por reducir el consumo de agua y que de esta forma disminuya los volúmenes de agua vertida, determinando la necesidad de establecer un marco normativo con las condiciones necesarias para la reutilización segura sin ser un riesgo para la salud pública (Ministerio de Ambiente, 2004).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Resolución No 0631 de 2015 estableció los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos directos a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. En esta, se identifican dos tipos de aguas residuales:

1. Aguas Residuales Domésticas (ARD), las cuales son las provenientes de hogares, actividades industriales, comerciales o de servicios, resultantes del uso de aparatos de sanitarios, lavado de ropa, limpieza de pisos y paredes, cocinas y sistemas de aseo personal como lavamanos y duchas.

2. Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), son básicamente las provenientes de cualquier actividad industrial, comercial o de servicios no especificada como ARD.

En relación a la preocupación nacional por los efectos del cambio climático en el ambiente que se han observado en los últimos años, causados principalmente por el incremento del consumo de los recursos naturales de forma excesiva se presentó el Decreto 1285 en 2015 que entró en vigor en julio de 2016, *"Por el cual se modifica el Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones"*.

Este decreto busca generar el primer manual de construcción sostenible, proponiendo desde el sector de la construcción un aporte para el uso eficiente de los recursos naturales, donde se establecen parámetros que permitan un mejoramiento en la calidad ambiental y social de las nuevas edificaciones en Colombia. El alcance de este decreto a nivel nacional es para municipios superiores a 1.200.000 habitantes y el principal enfoque es el ahorro de agua y energía. Apoyado por la Resolución 549 de 2015 donde se establecen las tablas de porcentajes estimados y proyectados para la reducción en el consumo de agua y energía, los valores en promedio para el primer año son de un 15 % y para el segundo año hasta un 45 % desde el momento en que entre en vigor de la normatividad mencionada (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2015).

Otra de las resoluciones expedidas por el MVCT que apoyan la gestión del agua es la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, por el cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS, en estas se fijan los requisitos básicos y criterios mínimos que se deben contemplar en un sistema para el tratamiento de aguas residuales desde su diseño, construcción, puesta en marcha y mantenimiento, especificando los requerimientos técnicos y condiciones de admisibilidad para asegurar el buen funcionamiento del sistema planteado. En este reglamento se contemplan dos tipologías de sistemas según el alcance y volumen de agua a tratar: sistemas de tratamiento en el sitio (sistemas descentralizados) y tratamiento a escala municipal y/o urbana (sistemas centralizados) (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017)

En el Capítulo 1 de la Resolución 0330 de 2017 se determinan los aspectos que se deben tener en cuenta para la selección e implementación de un proyecto relacionado con los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, tales como las actividades preliminares (Artículo 8), en las que se resalta el interés por entender las características socioculturales de la población.

Otro de los apartes que involucran directamente el diseño del proyecto son los estudios básicos (Artículo 10), donde se requiere evaluar otro aspecto de la población objeto, como lo son los estudios socioeconómicos *“Estudios socioeconómicos. La evaluación*

socioeconómica de proyectos debe realizarse con el objeto de medir el aporte neto de los proyectos al bienestar de la población. Para proyectos de acueducto, alcantarillado y/o aseo se requiere como mínimo estudios socioeconómicos tales como análisis costo-eficiencia y/o análisis de costos mínimos, de expansión de la capacidad”.

El Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio entre los objetivos que plantea en la Resolución 0330, incorpora la necesidad de realizar análisis previos que permitan el buen desarrollo de los proyectos relacionados con los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, reconociendo los diferentes aspectos que intervienen, así como la evaluación de las diferentes alternativas con las que se cuenta para realización de un proyecto específico.

“Artículo 14: Comparación de alternativas y selección de alternativa viable. La comparación de alternativas deberá considerar los aspectos económicos, técnicos, sociales, ambientales, financieros, de riesgo y permisos. La selección de alternativas deberá estar soportada como mínimo en los siguientes criterios”

1.2NORMATIVA INTERNACIONAL

A nivel internacional existe una preocupación por asegurar la salud y mitigar los riesgos asociados a la reutilización de aguas residuales. Como se evidencia en la **Tabla 1-3**, diferentes países en el mundo cuentan una normativa para los vertimientos, donde se establecen los límites en la carga contaminante que pueden tener las aguas residuales al momento de ser incorporadas de nuevo a un cuerpo de agua, y en algunos, se especifica de forma clara las condiciones que debe tener el agua tratada antes de ser utilizada

Países como Francia, Chipre y Malta implementan el uso de aguas tratadas principalmente para riego, prohibiendo su uso como agua potable para consumo o actividades de contacto directo con animales y humanos, basándose en los riesgos para la salud pública que puede traer el uso de este tipo de aguas. Jordania e Israel incluyen en su normativa usos más amplios de las aguas residuales tratadas, tanto para riego de diferentes cultivos, uso en la industria y a nivel urbano incluyendo la incorporación de este tipo de aguas en actividades de mínimo contacto humano a nivel doméstico. Para estos países la norma estipula las exigencias mínimas requeridas en cada uso y teniendo en cuenta factores propios de estos países, como su clima y cultura, donde por ser zonas con tendencia árida (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010).

Tabla 1-3 Normativa Internacional reutilización de aguas residuales

País	Normativa	Criterios
EE. UU.	Código de Agua de California	La reutilización de aguas se legisla a través de los estados, de los cuales 26 ya tienen normativa específica al respecto. Cabe destacar el Título 22 del Código de Agua de California donde se establecen parámetros cualitativos del agua tratada.
Chipre	Provisional Standards, 1997	En 1997 se establecen de forma provisional criterios de calidad del agua tratada para ser usada en riego.
Francia	Decreto 94/469	El Decreto 94/469 de 3 de junio de 1994, es el resultado de la transposición de la Directiva 91/271/CEE (Comunidad Económica Europea) de depuración de las aguas residuales.
	Circular DOS/S01.1 /91/No 51	Circular DOS/S01.1 /91/No 51 se refiere a la reutilización de aguas para usos agrícolas; siguiendo los criterios de la OMS/1989, con la adición de restricciones para técnicas de riego y la distancia mínima entre el sistema de reutilización y los usos con las áreas residenciales y las vías urbanas.
Israel	Regulation by Ministry of Health	El Ministerio de Sanidad regula el riego con agua tratada para cultivos sin restricción en función de cuatro tipos de cultivo. También están incluidos los métodos de tratamiento y la distancia mínima entre el sistema de reutilización y los usos con las áreas residenciales y las vías urbanas.
Italia	Decreto No 152 de 1999	El Decreto No 152 de 1999 resulta de la transposición de las directivas 91/271/CEE y 91/676/CEE. Este Decreto en el segundo párrafo del artículo 26 insta al Ministerio de Medio Ambiente a la definición de las normas técnicas de la reutilización de agua.
	Decreto No 185 de 2003	Esas normas técnicas están recogidas en el Decreto No 185 de 2003. Asimismo, se contempla la reutilización para regadío, usos urbanos e industriales. Se regulan las condiciones para la reutilización y se fijan los parámetros mínimos de calidad del agua tratada para su reutilización.
Jordania	Jordanian technical base No 893/2006	Normativa técnica acerca de la reutilización de aguas en la que se contemplan 14 usos agrupados en tres grupos: riego, recarga de acuíferos y usos urbanos. Estipulando una serie de parámetros físicoquímicos y microbiológicos para cada uno de los usos.
	Guidelines applied to irrigation area supplied with treated sewage effluent	La legislación y documentación relativa a la reutilización de aguas en Malta se centra en el uso del agua tratada para regadío.
	Legal Notice LN71/98 forbidding the use of wastewater for the irrigation of any crop for human consumption	

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010, *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*, Anexo 2 pág. 108

Tanto a nivel nacional como internacional, no hay una definición clara sobre qué actividades son las generadoras de aguas grises, ya que difieren en sí. En la **Tabla 1-4** se hace una relación de las normativas y/o códigos de diferentes países que definen las actividades que se considera producen aguas grises. Para el caso de Colombia, no se cuenta con una normativa clara para la clasificación de las aguas residuales según su carga contaminante ni origen de procedencia, así como los criterios para su reutilización, por lo que para este caso se tomará de referencia las normativas españolas y chilena que incluyen el agua producida por los aparatos de lavado de ropa como agua gris, y excluyen las aguas producidas por lavaplatos principalmente por su alto contenido de carga contaminante (**Tabla 1-5**).

Tabla 1-4 Cuadro comparativo aguas grises

Normativa	Año	País	Alcance
Ordenanza de Gestión y Uso eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid	2006	España	•Bañeras •Duchas •Lavabos •Lavadoras
Directrices Servicio Nacional del Clima /National weather service Guidelines	2007	Estados Unidos	•Bañeras •Duchas •Lavabos •Lavadoras
Norma técnica NCh 1105 del Instituto Nacional de Normalización	2008	Chile	•Bañeras •Duchas •Lavabos •Lavadoras
Código de prácticas para la reutilización de aguas grises en Australia Occidental	2010	Australia	•Bañeras •Duchas •Lavabos •Lavadoras
Guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios - Aqua España	2011	España	•Bañeras •Duchas •Lavabos

Fuente: Elaboración propia basado en la normativa, códigos, guías técnicas y directrices internacional sobre tratamiento y reutilización de aguas grises.2006-2011

Tabla 1-5 Características de aguas grises domesticas según origen

Parámetro	Baño residencial	Lavandería	Cocina
pH (-)	6.4-8.1	7.1-10	5.9-7.4
SST (mg / l)	7-505	68 a 465	134-1300
Turbidez (NTU)	44-375	50 a 444	298
DQO (mg / l)	100-633	231 - 2950	26-2050
DBO (mg / l)	50-300	48 a 472	536-1460
N total (mg / l)	3.6-19.4	1.1 a 40.3	11.4-74
P total (mg / l)	0.11-> 48.8	ND – 171	2.9- 74
Coliformes totales (UFC/100 ml)	10-2.4 x 10 ⁷	200.5-7 x 10 ⁵	> 2.4 x 10 ⁸
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	0-3.4 x 10 ⁵	50-1.4 x 10 ³	-

Fuente: Basado en Li, F.; Wichmann, K.; Otterpohl, R., Review of the technological approaches for grey water treatment and reuse, 2009

1.3 CASOS APLICADOS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Con el fin de contextualizar los casos aplicados de reutilización de aguas residuales a nivel mundial se realizó la selección de los casos con mayor relevancia y éxito en los países enunciados a continuación e indicados en la **Ilustración 1-1**:

África – Namibia

América del Norte - Estados Unidos

Asia – Japón

Australia - Australia Occidental

Europa – España

América del sur – Colombia

Ilustración 1-1 Mapa de casos aplicados en la reutilización de aguas residuales



***Fuente:** Elaboración propia selección de países con sistemas aplicados para el tratamiento y reutilización de aguas residuales en los cinco continentes; Namibia, Estados Unidos, Japón, Australia, España y Colombia.*

África - Namibia

En 1957 la sobreexplotación de los acuíferos de la ciudad de Windhoek (capital de Namibia) provocó una disminución de los niveles de agua en alrededor de cincuenta metros. En 1958 se puso en funcionamiento la planta de potabilización y el embalse de la ciudad, sin embargo, en 1968 se tomó la decisión de transformar la planta para el tratamiento de aguas residuales avanzada capaz de tratar 4.300 m³/día, finalmente, la planta de tratamiento fue inaugurada en 1969. Tras diversos estudios que mostraban la necesidad de buscar nuevas fuentes de agua, en 1996 fue ampliada la planta hasta alcanzar los 7.500 m³/día. Al 2015 la ciudad contaba con 420.000 habitantes, con una tasa continua de crecimiento de 5 % anual y con un consumo de agua de 140 litros día por habitante (Mujeriego, 2015).

El agua tratada y el agua potabilizada es mezclada en proporción de 1 a 3 (1 unidad de agua tratada por 3 unidades de agua potabilizada de fuentes superficiales) para ser distribuida a través del sistema de redes de acueducto en la ciudad. A pesar del origen del agua residual, después de ser depurada la calidad es superior a la del agua potable extraída de fuentes naturales, lo que ha asegurado su operación los últimos 40 años, sin presentar episodios de intoxicación o problemas de la salud en la población atendida.

Tras la independencia, en 1990 hubo un aumento en la población. Por tal razón en 1996 se decidió ampliar el volumen de agua residual tratada en un 35 %, por lo cual se construyó otra planta de tratamiento con una capacidad de 21.000 m³/día. Finalmente, la planta fue inaugurada en 2002 y en la actualidad produce 16.000 m³/día de agua tratada, con el mismo modelo de mezcla con agua potable de otras fuentes para su posterior distribución en la red de acueducto (Mujeriego, 2015).

América del Norte - Estados Unidos

EE. UU. ha experimentado durante mucho tiempo la reutilización de aguas grises, aprovechando que aproximadamente el 60 % de los hogares del país no están conectados al sistema de alcantarillado lo que exige que se tenga un mayor control sobre este tipo de aguas residuales que produce cada vivienda, a pesar de lo esperado, el reciclaje de aguas grises no ha sido claramente establecido a través de una normativa. El Condado de Santa Bárbara (California) en 1989 fue la primera región en reglamentar la reutilización de aguas grises. En 1992, dentro de Los Ángeles se desarrolló un proyecto piloto para la reutilización de aguas grises usadas únicamente en riego urbano, excluyendo actividades como la descarga de sanitarios por riesgo que podría representar para la salud humana (Friedler & Galil, 2005).

Los primeros proyectos realizaban la reutilización del agua tratada únicamente para actividades en exteriores y zonas abiertas, para prevenir posibles problemas para la salud que pudiese traer el uso del agua al interior de las residencias. Entre los usos más comunes estaban el riego o la recarga de acuíferos subterráneos a través de la simple filtración del suelo.

Todos estos proyectos fueron creados como sistemas descentralizados de tratamiento para la reutilización del agua, diseñados para las características específicas del sitio y las necesidades del usuario. Con el tiempo, los sistemas de tratamiento han avanzado ampliando los posibles usos, logrando la disminución cada vez más del uso de agua potable en actividades como lavandería y refrigeración, además de la descarga de sanitarios. El mayor porcentaje de reutilización de aguas grises se da en los edificios de oficinas con un 95 % aproximadamente, debido a que según las dinámicas que se desarrollan aquí no requieren agua potable (Clerico, 2010).

Asia – Japón

Los proyectos de reutilización de aguas residuales en Japón iniciaron en 1951, usados para abastecer la industria productora de papel en la década de los sesenta. Sequías severas en todo el país que, sumado al crecimiento económico y el incremento de la población en las grandes ciudades, aumentaron el interés en la reutilización del agua residual producida en las urbes, impulsados por el Centro de Promoción creado en 1973 (Yamagata, Ogoshi, Suzuki, Ozaki, & Asano, 2002).

El artículo titulado *“On-Site Water Recycling Systems In Japan”* publicado por la revista *Water Science and Technology* en 2002, afirma que los sistemas a pequeña escala pueden no representar un ahorro significativo para el suministro urbano. No obstante, en ciudades como Tokio se pudo observar que los sistemas de tratamiento de agua en grandes edificios podrían llegar a reutilizar un 61 % del total de la demanda de agua requerida para actividades diferentes a las del consumo. En 1996 hubo un total de 2.100 edificios utilizando algún sistema de reciclaje de aguas residuales. De las 1718 plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en Japón, 240 plantas distribuyen el agua para su reutilización en diversas formas. Las plantas de tratamiento más grandes distribuyen a diario 16.000 m³ de agua reciclada para inodoros, mientras las 46 plantas más pequeñas proporcionan alrededor de 54.000 m³ por día para la reutilización en diversos usos en las edificaciones, incluyendo inodoro, refrigeración y el riego de plantas (Yamagata, Ogoshi, Suzuki, Ozaki, & Asano, 2002).

Japón utiliza una mezcla de fuentes de aguas para la reutilización; aguas residuales municipales, aguas grises y pluviales, por el cual se considera el líder en la reutilización del agua producida en la ciudad, la cual representa un 8 % del total consumida en el país. La reutilización del agua se orienta a los usos en zonas urbanas en contraste con otros países donde la reutilización del agua es principalmente para el riego agrícola. Con sistemas sencillos en zonas residenciales a sistemas de reciclaje más avanzados en edificios y barrios de Japón (Friedler & Galil, 2005).

En Tokio es requisito para todos los edificios de más de 10.000 m² tener un sistema de reciclaje de aguas, mientras que en Osaka y Fukuoma la exigencia es para edificios de más de 5.000 m². El agua no potable también se utiliza para suministro de los sistemas contra incendios, el cual tuvo reformas para trabajar con tuberías duales. Estas reformas estructurales también se llevaron a cabo en muchos edificios existentes que ahora cuentan con doble plomería, especialmente edificios multifamiliares, escuelas y edificios comerciales (Yamagata, Ogoshi, Suzuki, Ozaki, & Asano, 2002).

Australia - Australia Occidental

Los proyectos de reutilización de aguas residuales se han implementado en Australia a pequeña escala y están diseñados generalmente para fines no potables como riego, reciclaje de aguas industriales, riego de jardines residenciales e inodoros. El mayor sistema de reutilización de aguas residuales a escala residencial se encuentra en Rouse Hill en la ciudad de Sídney que desde el 2001 ha distribuido agua reciclada a todas las residencias, principalmente para el inodoro, riego de jardines y sistema contra incendios. Esta iniciativa es el resultado de un acuerdo entre residentes y el gobierno de Nueva Gales del Sur. (Po, D. Kaercher, & E. Nancarrow, 2013).

Otro proyecto es el de Homebush Bay, instalado durante los Juegos Olímpicos de Sídney 2000, donde las aguas residuales generadas a partir de las instalaciones de la sede de Olímpicos y el pueblo Newington eran recogidas, tratadas y reutilizadas para fines no potables. El agua era utilizada para la descarga de aparatos sanitarios, riego de jardines, zonas verdes y parques alrededor de las sedes olímpicas (Po, D. Kaercher, & E. Nancarrow, 2013).

En Queensland, se creó el proyecto de riego Eli Creek en Hervey Bay (1991) el cual fue diseñado para reducir los vertimientos al océano debido al crecimiento de la población, en este se planteaba por primera vez la idea de reutilizar las aguas residuales para riego debido a las preocupaciones sobre el uso del agua. En febrero de 1998 se inició un programa para el uso comunitario proporcionando de agua reciclada a los agricultores de caña locales. El

programa ha sido ampliado para incluir aguas pluviales y llegar a más sectores. Actualmente el agua reciclada se utiliza para cultivos de irrigación, pastos, plantaciones de té, campos deportivos, un campo de golf y zonas verdes de algunas granjas (Po, D. Kaercher, & E. Nancarrow, 2013).

Europa – España

Según el artículo “La Reutilización De Aguas Regeneradas En España: Ejemplos De Aplicación En El Marco Del Proyecto CONSOLIDER-TRAGUA”, publicado en la *revista Aqua-Lac* en 2010, la reutilización de aguas tratadas en España se ha realiza desde hace varios años, siendo uno de los países en los que ésta práctica tiene más fuerza. Sin embargo, no se llega a superar el 5 % del total de las aguas residuales recolectadas, aunque en algunas regiones por las condiciones de escasez ha llegado a tratar y reutilizar hasta un 20 % de las aguas consumidas, como sucede en las Islas Canarias (De Bustamante, Cabrera, Candela, Lillo, & Palacios, 2010).

De Bustamante, Cabrera, Candela, Lillo, & Palacios (2010), indican que desde el 2007 en Barcelona se está implementando la inyección de aguas residuales como barrera hidráulica contra la intrusión salina en el Delta del Llobregat, mediante agua residual tratada procedente de la planta de tratamiento Depurbaix. El agua residual es tratada a través de tratamiento terciario, usando ultrafiltración, ósmosis inversa y desinfección con ultravioleta. La inyección se daba a través de 4 pozos de 70 m de profundidad con un diámetro de 610 mm. En marzo de 2007 se inició la inyección de 2.500 m³/ día de agua tratada y se estima que a finales del mismo año se habían inyectado 244.000 m³.

Otro sistema implementado en España para la reutilización de aguas residuales es utilizado para el riego del Campo de Golf de Bandama en Gran Canaria. Por la escasez de agua que existe en esta región desde finales de los años 60 la reutilización de aguas tratadas para riego es una práctica muy utilizada. Desde 1976 las 14,5 h. de superficie en el campo de golf han sido regadas por aspersión con agua tratada, la cual ha sido sometida a diversos sistemas para mejorar su calidad. Desde 2002 se han aplicado métodos de desalación para reducir su salinidad (De Bustamante, Cabrera, Candela, Lillo, & Palacios, 2010).

Un tercer ejemplo son los filtros verdes de Carrión de los Céspedes en la región de Sevilla, donde el gobierno regional de Andalucía desde el 2005, dispuso de una planta experimental de 35.000 m² para el tratamiento de aguas residuales. Investigando con diferentes métodos, tales como una planta de tratamiento a través de un filtro verde con una superficie de 2.000 m² dividido en dos parcelas; una con plantación de álamos y otra con eucaliptos. El filtro trata y reutiliza aguas residuales, generando biomasa y recarga de acuíferos mediante infiltración a través del terreno. Con estos sistemas se obtiene una reducción del 85 % a 95

% de sólidos en suspensión y DBO₅, de 80 a 90 % para la DQO, 50 a 90 % de nitrógeno, 40 a 90 % para fósforo y del 99,9 % para los coliformes fecales (De Bustamante, Cabrera, Candela, Lillo, & Palacios, 2010).

América del sur – Colombia

Entre los proyectos más grandes que han implementado sistemas para el tratamiento y reutilización de aguas se encuentra el proyecto Elemento en la ciudad de Bogotá, con un área construida superior a 132.000 m², asegurando un ahorro en consumo de agua potable 45 % a través de la recolección de aguas grises de duchas y lavabos, tratadas a través de lecho filtrante e inyectadas al sistema de suministro para descarga sanitaria, riego y limpieza de exteriores (Grupo Crispa, 2015). Otro edificio es El Cubo, ubicado al occidente de la ciudad. Cuenta con una planta de tratamiento de aguas grises, aguas de lluvia y las aguas del retro lavado de la piscina para ser usada en la descarga de aparatos sanitarios, riego y limpieza del edificio (Inviarco S.A.S., 2013).

Otro ejemplo de reutilización de agua residual tratada para consumo humano es la planta de tratamiento y potabilización de la empresa Bavaria ubicada en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, la cual recibe las aguas de la cuenca alta del Río Bogotá, conteniendo aguas residuales de municipios como Villa Pinzón, Chocontá y Gachancipá, esta agua es tratada y utilizada en el proceso de la elaboración de la cerveza que es distribuida a nivel nacional. (Portafolio, 2017)

1.4 SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS APLICADOS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

1.4.1 Tipos de tratamientos

Para realizar el tratamiento de las aguas residuales se debe ejecutar un proceso de forma secuencial, siempre necesitando del paso anterior para lograr agua de la calidad exigida. El primer paso para el tratamiento se conoce como pretratamiento, que consiste en la remoción de material orgánico e inorgánico ya sea suspendido, disuelto o flotante que puede provocar saturación en los pasos siguientes, en este paso también se puede realizar la eliminación de grasas y aceites.

Seguido al pretratamiento se debe realizar el tratamiento primario el cual según la Resolución 0330 de 2017 – Reglamento Técnico – RAS es el *“tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO”*.

El tratamiento secundario debe incluir un tratamiento biológico que logre la eliminación de la materia orgánica y parte de los nutrientes, así como los sólidos en suspensión que puedan haber quedado de los tratamientos previos. El tratamiento biológico se realiza con la ayuda de microorganismos, normalmente bacterias que degradan la materia orgánica a través de condiciones aerobias adecuadas donde una parte se convierte en energía para la flora bacteriana por medio de la oxidación de la materia orgánica y otra en la producción de nuevas células (síntesis), estas células consumen su propio tejido celular para obtener energía (respiración endógena) (Salas Rodríguez, Pidre Bocardo, & Cuenca Fernández, 2007).

El tratamiento terciario debe lograr una mayor calidad del agua tratada con contenidos casi nulos de patógenos y nutrientes (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2017). Para la eliminación de nitrógeno y fósforo se emplean usualmente procesos biológicos, pero en el caso del fósforo se suelen usar procesos de precipitación química con sales de hierro y de aluminio. Regularmente se emplea el cloro para la desinfección de las aguas tratadas, con la desventaja de residuos indetectables de cloro lo que hace necesario la implementación de procesos posteriores. También se usan sistemas alternativos de desinfección como la radiación UV, ozono o el uso de membranas.

Los sistemas para el tratamiento de aguas residuales (pretratamiento, primario, secundario y terciario) cuentan con diferentes tecnologías que, según su naturaleza y alcance, pueden ser clasificados en cinco categorías de la siguiente manera (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007):

Simple: Filtración gruesa y desinfección.

Física: Filtro de arena, la adsorción y la membrana.

Biológicas: Filtro biológico aireado, biodiscos y bio-reactor de membrana.

Extensas: Humedales artificiales.

Química: Fotocatálisis, electrocoagulación y la coagulación.

1.4.2 Sistemas de tratamiento

Sistemas de tratamiento simple

Las tecnologías simples generalmente son utilizadas para el reciclaje de aguas grises en sistemas de dos etapas: una de filtración o sedimentación gruesa para eliminar los sólidos más grandes y otra de desinfección. En Australia Occidental se utiliza sistemas aún más simples, al utilizarse solamente un filtro grueso o un tanque de sedimentación debido a que la normativa permite la reutilización de aguas grises después de dicho tratamiento para el riego sub-superficial. Estas tecnologías proporcionan un tratamiento limitado de las aguas grises en términos de sólidos y compuestos orgánicos, reduciendo la DQO en un 70 %, sólidos en suspensión en un 56 % y turbidez en un 49 %. Sin embargo, han mostrado una buena eliminación de los microorganismos en la etapa de desinfección. Adicionalmente y por los beneficios del poco espacio que se requiere, estos sistemas son utilizados preferentemente a pequeña escala como hogares, donde se utilizan para tratar aguas grises de duchas y lavamanos y son aplicadas al sanitario y el riego del jardín. Existe poca información sobre el rendimiento hidráulico de estos sistemas, por lo que el tiempo de retención hidráulica debe ser corto por su simplicidad (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007).

Sistemas de tratamiento físico

Los sistemas físicos se pueden dividir en dos categorías: filtros de arena y membranas. Existen filtros de arena que se utilizan solos o combinados con un sistema de desinfección o con carbón activado. Estos sistemas de arena proporcionan una filtración gruesa de las aguas grises similar a las tecnologías simples. Estos filtros tienen un alcance limitado frente a la eliminación de la carga contaminante. Los filtros de arena combinados con carbón activado y desinfección no tienen muy buenos resultados en la eliminación de los sólidos. En promedio puede lograr como máximo una reducción del 61 % en turbiedad y 48 % en sólidos suspendidos, mostrando una mayor reducción en el contenido de microorganismos con respecto al filtro que utiliza únicamente arena (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007).

Sistemas de tratamiento biológico

Existe una amplia gama de procesos biológicos utilizados para el reciclaje de aguas grises tales como los reactores de película fija, discos biológicos giratorios o bio-reactores, filtros anaerobios, reactores discontinuos secuenciales, reactores biológicos de membranas o bio-reactores de membrana y los filtros aireados biológicos. Por lo regular, los sistemas biológicos no se utilizan de forma individual, salvo en los casos para investigación en los proyectos piloto. En la mayoría de los casos los procesos biológicos fueron anteceditos por un pretratamiento físico, tales como sedimentación acompañados de un proceso de desinfección. Los bio-reactores de membranas son los únicos sistemas que logran una buena eliminación de microorganismos sin la necesidad de una etapa de desinfección, ofreciendo un alto rendimiento en la eliminación de bacterias fecales. Además, logran la disminución casi en su totalidad de los contenidos de materia orgánica y sólidos en suspensión (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007).

Tecnologías de tratamiento extensos

Normalmente, al hablar de tecnologías extensas para el tratamiento de aguas grises se hace referencia a la superficie que ocupan, como los humedales artificiales, juncuales y estanques. Generalmente estos sistemas están precedidos por una etapa de sedimentación, donde se eliminan las partículas más grandes contenidas en las aguas grises, seguido de un filtro de arena para eliminar cualquier partícula transportada es el agua que se trata. Los humedales artificiales han mostrado una buena capacidad para tratar aguas grises con excelentes resultados en la disminución de concentración de DBO y sólidos en suspensión, adicional de las desventajas de costos y superficies requeridas (Pidou, Ali Memon, Stephenson, Jefferson, & Jeffrey, 2007) .

Los humedales artificiales se pueden clasificar según las condiciones del flujo, superficie y resultados. Entre los HA mas implementados están los de flujo superficial libre, los cuales tienen una serie de canales que son inundados con las aguas a tratar e imitan los procesos propios de un humedal natural. Las partículas se asientan al fluir lentamente por el humedal destruyendo los patógenos y eliminando los microorganismos al ser usados como nutrientes por las plantas. Otro tipo de humedal artificial son los de flujo horizontal sub-superficial, que actúa a través de vegetación acuática sembradas sobre filtros de grava que rellenan un canal de gran tamaño. Al fluir horizontalmente las aguas residuales por el canal de este tipo de humedal, las partículas y microorganismos son removidos, permitiendo la degradación de la materia orgánica (Tilley , Lüthi, Morel, Zurbrügg, & Schertenleib, 2008).

El impacto tanto ambiental como económico en la implementación de las diferentes tecnologías están directamente relacionados con el nivel de complejidad en el tratamiento, lo que hace necesario comparar el alcance del tratamiento frente a las implicaciones que este tendría, ya que a pesar de encontrar tratamientos altamente efectivos sino se cuenta con los requisitos necesarios (espacio, costo, mantenimiento etc.) no se podrá implementar con eficiencia. En la **Tabla 1-6**, se hace una descripción del nivel de complejidad (bajo, medio y alto) que conlleva la selección de un determinado tratamiento para comunidades con población inferior a 2.000 habitantes, en aspectos como: costos, impacto ambiental, mantenimiento, área de trabajo y alcance según el tamaño de la población.

Para la reutilización de aguas grises al interior de la vivienda se requiere mínimo llegar a tratamientos secundarios¹, para el caso de Bogotá, donde no se cuenta con el espacio suficiente para las propuestas extensivas se requiere la selección de un sistema intensivo, según la **Tabla 1-6** la opción que representa menor complejidad frente a los otros son los lechos bacterianos seguidos de la aireación prolongada, por los casos observados y probados en escenarios similares la mejor alternativa es el sistema de tratamiento biológico a través de aireación continua.

¹ 1:2 NORMATIVA INTERNACIONAL

Tabla 1-6 Tecnologías aplicables en pequeñas comunidades

TRATAMIENTO	POBLACIÓN hab.				REQUERIMIENTO DE SUPERFICIE	TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS	COMPLEJIDAD DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	COSTOS		IMPACTO AMBIENTAL		
	50-200	200-500	500-1.000	1.000-2.000				IMPLANTACIÓN	EXPLOTACIÓN	OLORES	RUIDO	VISUAL
PRETRATAMIENTOS												
Desbaste												
Desarenado												
Desengrasado												
TRATAMIENTOS PRIMARIOS												
Fosas sépticas												
Tanques Imhoff												
Decantación primaria												
TRATAMIENTOS SECUNDARIOS - EXTENSIVOS												
Lagunajes												
Humedales artificiales												
De flujo horizontal												
Subsuperficial de flujo horizontal												
Subsuperficial de flujo vertical												
De macrófitos en flotación												
Filtros intermitentes de arena												
Infiltración-percolación												
TRATAMIENTOS SECUNDARIOS - INTENSIVOS												
Aireaciones prolongadas												
Lechos bacterianos												
Contactores biológicos rotativos												
Reactores secuenciales												

Nivel de complejidad

BAJO MEDIO ALTO

Fuente: Elaboración propia basada en CENTA, 2008 Manual de Depuración de aguas Residuales Urbanas

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo, se implementó la metodología propuesta por (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010) la cual, a través de los procesos planteados con enfoque cualitativos y cuantitativos, siendo una metodología de investigación mixta (**Tabla 2-1**), la cual permite obtener una serie de resultados que permitan concluir la viabilidad en la implementación de un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises.

La metodología de investigación con enfoque cuantitativo permitió obtener datos medibles que dieron paso a ser comparados y analizados con los datos obtenidos en la literatura consultada, el enfoque cualitativo posibilitó un análisis de los resultados obtenidos de manera más profunda, identificando las características que determinaron los resultados y condiciones. Dentro del proceso metodológico se partió del planteamiento del problema, que para el caso fue conocer si era viable la instalación del sistema mencionado en las nuevas edificaciones para vivienda en Bogotá, observado desde el enfoque; económico, ambiental y social.

Seguido al planteamiento se hizo la revisión de la literatura seleccionada, bajo criterios de autores con mayor experiencia de investigación en el campo. El diseño de la investigación estuvo basado en la aplicación de las variables encontradas para los tres enfoques contemplados, a través del caso de estudio donde se enumeraron los criterios de selección y las condicionantes que determinan dicho caso propuesto² las condicionantes primordialmente están basadas en la literatura, datos estadísticos e investigaciones encontradas con objetivos similares, las que permitieron tener una base que respaldará el diseño de investigación.

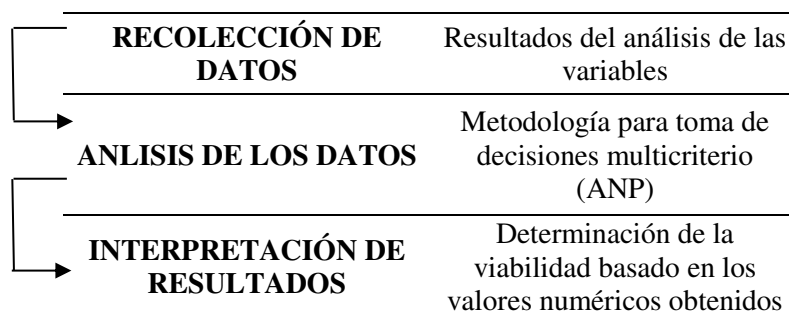
Para el caso, no se realizó una hipótesis desde el inicio, debido a que primero se desarrolló una recopilación y selección de información formando el estado del arte, tanto a nivel nacional como mundial permitiendo tener una mayor referencia y visibilidad del estado actual de la problemática principal de escasez de agua y las alternativas que se han planteado para contrarrestarla tanto en procesos, tecnologías, sistemas y sus usos, como normativa y políticas incorporadas por los entes encargados.

² 2.2 ENCUESTA: APROXIMACIÓN AL NIVEL DE ACEPTACIÓN SOCIAL

Tabla 2-1 Mapa de la estructura metodología de investigación mixta

	PROBLEMÁTICA	Escases de agua potable en el país		
	LITERATURA EXISTENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Usos residenciales: Segunda actividad con mayor consumo de agua potable • Normativa Resolución 549 de 2015: Manual de construcción sostenible para el uso eficiente de los recursos naturales. • Bogotá: Ciudad con mayor consumo de agua potable • Reutilización de aguas grises: Alternativa con mayor porcentaje de aporte al interior de la vivienda • Sistema con tratamiento biológico y desinfección: Sistemas para tratamiento y reutilización de aguas grises probados a nivel nacional e internacional con mayor eficiencia y funcionalidad técnica. • Estrato 3: Grupo poblacional con mayor consumo de agua por total de usuarios y con mayor índice de construcción de vivienda nueva 		
		¿Es viable la instalación de un sistema para el tratamiento de aguas grises en nuevas construcciones para vivienda estrato tres en Bogotá?		
	PREGUNTA			
		VARIABLES		
		Ambiental Impacto del sistema	Económico Rentabilidad en el sistema	Social Aceptación Social
	DEFINICIÓN DE LA MUESTRA INICIAL DEL ESTUDIO Y ACCESO A ÉSTA	Literatura existente	Contacto directo con las empresas del sector para tratamiento del agua con alcance en Bogotá.	Contacto directo con las administraciones de los conjuntos residenciales estrato tres de diferentes localidades de la ciudad.
	RECOLECCIÓN DE DATOS	Literatura existente	Tarifas de empresas que contaban con el sistema y dieron respuesta	Encuesta a uno de los conjuntos residenciales que aprobó la realización de esta
	ANÁLISIS DE LOS DATOS	Cálculo aproximado de emisiones CO2	Herramienta índice de retorno de la inversión (ROI)	Análisis de correspondencia múltiple (ACM)
	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	Inductivo posible escenario	Valor numérico que define la rentabilidad	No probabilístico





Fuente: Elaboración propia basada en CENTA, 2008 Manual de Depuración de aguas Residuales Urbanas

2.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Existe una serie de limitantes que dificultan la ejecución de proyectos que permitan la reutilización de las aguas residuales como el aspecto económico incurriendo los costos como la inversión inicial, el funcionamiento y el mantenimiento.

Los proyectos de tratamiento centralizados permiten un mayor alcance, al cubrir grandes volúmenes de aguas residuales producidas por núcleos poblacionales, permite un mejor y notorio impacto en la reducción en el consumo de agua potable generando beneficios para todos los usuarios del sistema, así como una financiación diferida entre estos. Entre más usuarios financien el sistema menor será la inversión que se requerirá por habitante, además de las ventajas frente al control y regulación al centrarse el proceso en una sola localización.

A pesar de las múltiples ventajas que implica el reciclaje de aguas grises es necesario respaldar el desarrollo de estas nuevas estrategias de construcciones sostenibles con un conjunto de normas y en si un marco técnico-jurídico.

Al subsidiar estos proyectos con las tarifas de servicio que se cobra a los ciudadanos se asume un compromiso por parte de las entidades encargadas y del mismo usuario; al dejar que la ejecución la realice directamente las empresas del sector con la supervisión de los diferentes entes públicos de control, asumiendo que estos entes tienen la capacidad técnico-operativa sobre estos procesos.

Una de las limitantes en los sistemas de tratamiento centralizado es la poca participación o al menos de forma directa que tiene el usuario final, por lo cual se ha realizado un análisis de los sistemas de tratamiento que pueden ser aplicados de forma descentralizada y en la que el usuario tenga mayor responsabilidad. Para esto se requiere de una tecnología de fácil implementación, poca exigencia de mano de obra especializada, fácil operación y sobre todo

que garantice el buen funcionamiento sin representar riesgo alguno para la salud o del ambiente. Este tipo de tecnologías deben encontrarse fácilmente en el mercado, descritas de forma comprensible para el público en general, garantías de uso y materiales respaldadas por los entes responsables.

Dentro del estudio de mercado en Colombia se encontró que existe una gran variedad de sistemas para el tratamiento de aguas grises, con alternativas como filtros a través de muro jardín, cubiertas verdes, filtros en tanques decorativos entre otros, que han sido implementados en edificios comerciales o empresariales. En cuanto a los sistemas descentralizados no se halló una gran oferta, encontrando en el portafolio de las diferentes empresas comercializadoras plantas compactas, sistemas compuestos en general por un tanque de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), tuberías en PVC (Policloruro de vinilo) (Ilustración 2-1), más los accesorios complementarios para el sistema. (Anexo 6.1).

Ilustración 2-1 Plantas de tratamiento comercialmente disponibles en Colombia

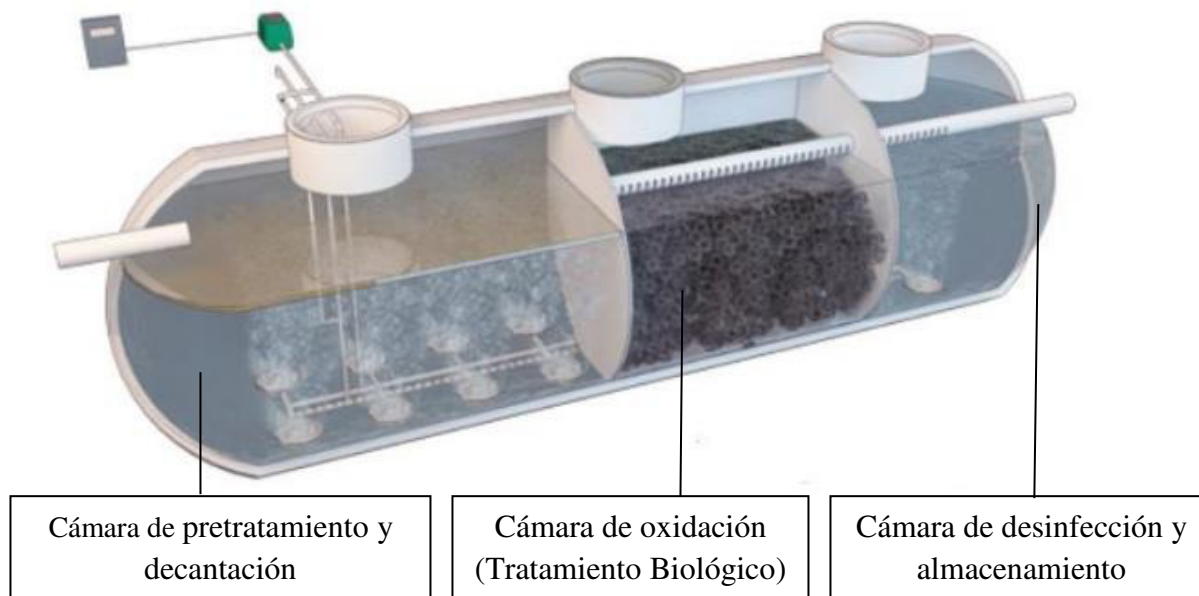


**SISTEMA COMPACTO, AUTOMÁTICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS
Lodos Activados con Retorno de Lodos AIR LIFT –“AQUAPAC”**



Fuente: Anexo 6.1, cotizaciones entregadas por empresas en Colombia

Este tipo de plantas compactas emplean un proceso por etapas; pretratamiento (desbaste, desarenado, desengrase), tratamiento primario (decantación), tratamiento biológico a través de la oxidación (Ilustración 2-2). Para el óptimo funcionamiento del tratamiento biológico, las empresas fabricantes de este sistema recomiendan aumentar el nivel de oxígeno en los recipientes (reactores biológicos) en que se llevan a cabo las reacciones de oxidación, síntesis y respiración endógena, normalmente hechas a través de la inyección de aire mediante aireadores mecánicos o de difusores (Salas Rodríguez, Pidre Bocardo, & Cuenca Fernández, 2007).

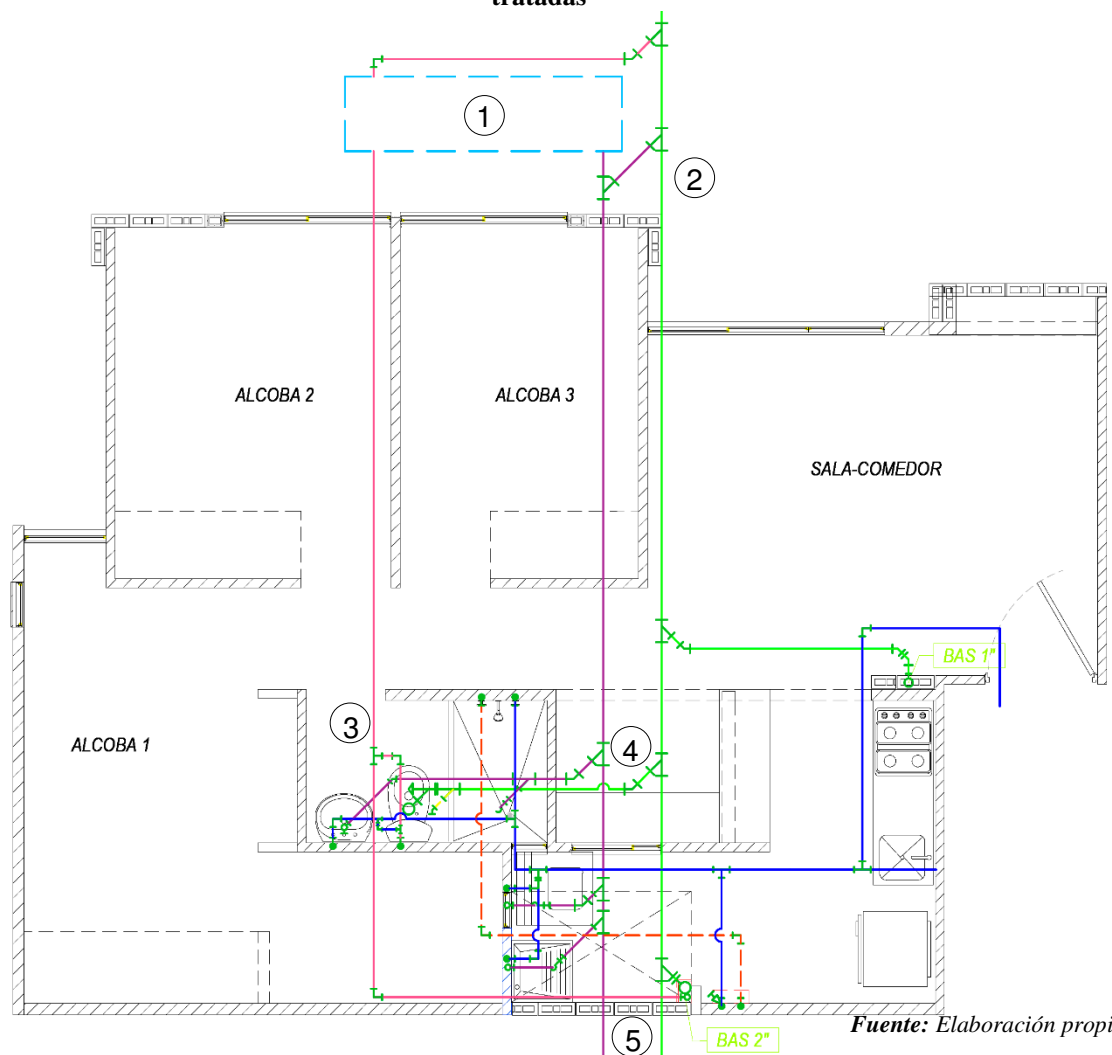
Ilustración 2-2 Planta compacta para tratamiento de aguas grises

Fuente: Aquaoriente, 2016, Portafolio de productos

Para el correcto uso de las plantas compactas para el tratamiento de aguas grises se requiere de redes de desagüe independientes al interior de la vivienda: una que permita la evacuación de las aguas grises desde los aparatos generadores (ducha, lavamanos y lavadora) hasta la planta, y otra que conecte los desagües de sanitarios y lavaplatos directamente con la red de alcantarillado. Así mismo con las redes de suministro: una que permita el paso de agua potable desde la red principal de acueducto a los aparatos generadores de aguas grises y otra que los conecte con la planta compacta con el fin de evitar problemas sanitarios cuando haya escasez de aprovisionamiento de aguas grises, y otra red que permita la distribución del agua tratada desde la planta (a través de bombas) a los aparatos sanitarios.

Al final del proceso de tratamiento se generan lodos que por gravedad se han sedimentado, por lo que la planta requiere un mantenimiento regular, para extracción y eliminación de estos. Finalmente se desinfecta a través de cloración, desde el tratamiento primario hasta la desinfección ocurre en la misma planta compacta a través de cámaras conectadas, lo cual exige un menor espacio.

Ilustración 2-3 Distribución en planta de redes hidráulicas, sanitarias, aguas grises y aguas grises tratadas



Fuente: Elaboración propia

1. Planta de tratamiento con entrada de red de evacuación de aguas grises (morada 2" Ø), con salida a la red agua gris tratada (rosada 1" Ø) para retorno a la vivienda 1" y rebosadero conectado a la red sanitaria colectora (verde 4" y 6" Ø).
2. Red de evacuación de aguas grises con válvula de desvío y antirretorno, conectada a la red sanitaria en caso de ser necesario cortar el paso a la planta de tratamiento.
3. Red de evacuación de aguas grises alimentada por lavamanos, ducha, lavadora y lavadero.
4. Red hidráulica de agua potable (azul 1/2" Ø) conectada con los aparatos sanitarios con válvula de desvío y antirretorno, conectada a la red de agua gris tratada en caso de ser necesario el paso.
5. Bajantes para red sanitaria colectora, red de evacuación de aguas grises y red de aguas grises tratadas conectadas con las demás unidades habitacionales.

Para el adecuado funcionamiento del sistema se requieren redes independientes tanto para la evacuación de aguas grises como la retroalimentación en la vivienda del agua gris tratada, lo que significa un mayor costo de obra. En la **Tabla 2-2** se contempla el valor que generaría las redes mencionadas tanto hidráulica (agua gris tratada para descarga de sanitarios) como sanitaria por unidad habitacional, lo que representa un valor de \$911.308.

En 2016 el valor estimado por metro cuadrado para construcción de una vivienda multifamiliar de estrato tres es de \$ 994.943 (Construdata, 2016), teniendo en cuenta que para este periodo de tiempo el área promedio de las vivienda estrato tres en Bogotá era de 65,2 m² (Departamento Nacional de Planeación; La Guía Fincaraíz, 2016), se puede deducir que el valor total de la obra es de \$64.870.284, para el caso el valor generado por las redes adicionales incrementaría en un 1,4 % el valor de la obra, el cual sería asumido por la constructora.

En otras investigaciones se encontró que el valor por obras civiles y adecuaciones hidráulicas y sanitarias, también para vivienda nueva, es de \$ 1.316.667 (Ardila Galvis, 2013), lo que representaría un 2 % de mayor valor en la obra. En esta misma investigación se analiza la necesidad de la incorporación desde el diseño con el fin de evitar sobre costo por demolición y restauración en construcciones existentes.

Tabla 2-2 Costo de instalación redes para la evacuación y suministro de aguas grises

CONCEPTO	UNIDAD	VALOR POR UNIDAD	CANT	TOTAL
RED INTERNA HIDRÁULICA				
ADAPTADOR HEMBRA PVC 1"	un	6.154	4	24.616
ADAPTADOR MACHO PVC 1"	un	6.154	4	24.616
BUJE ROSCADO PVC 1 X 3/4"	un	3.898	4	15.592
BUJE SOLDADO PVC 1 X 3/4"	un	5.343	4	21.372
CODO PVC 45°-1"	un	7.443	4	29.772
CODO PVC 90°-1"	un	6.156	4	24.624
TAPÓN ROSCADO PVC 1"	un	3.421	4	13.684
TAPÓN SOLDADO PVC 1"	un	4.779	4	19.116
TEE PVC 1"	un	988	4	3.952
UNIÓN PVC 1"	un	5.154	4	20.616
VALVULA DE DESVIO CON ADAPTADOR Y ACCESORIOS 1" X 1/2"	un	-	1	97.352
TUBERÍA PVC 1"	m	12.753	4	51.012
RED INTERNA SANITARIA				
REVENTILACIÓN 2"	un	18.238	4	72.952
SUMINISTRO E INSTALACIÓN CODO 2"	un	6.966	4	27.864
SUMINISTRO E INSTALACIÓN TEE REDUCIDA 4X2"	un	41.246	4	164.984
TUBERÍA PVC 2"	m	20.143	4	80.572
TUBERÍA PVC 2" DESCOLGADA	m	30.315	4	121.260
VALVULA DE DESVIO CON ADAPTADOR Y ACCESORIOS 1" X 1/2"	un	97.352	1	97.352
TOTAL				911.380

*Fuente: Elaboración propia basado en CONSTRUDATA, 2016 *Los valores incluyen mano de obra*

2.2 ENCUESTA: APROXIMACIÓN AL NIVEL DE ACEPTACIÓN SOCIAL

Para tener una aproximación de la aceptación social frente a la implementación de sistemas de tratamiento y reutilización de aguas grises en viviendas, se desarrolló una encuesta, que tuvo como objetivo principal conocer la opinión y percepción personal del grupo poblacional para determinar la viabilidad de la implementación de este tipo de sistemas.

El diseño del muestreo estadístico se realizó en cinco etapas; (1) se definió la población objetivo, (2) seguido del marco de muestreo que es una porción de la población objetivo, (3) la selección de técnica de muestreo, que para este caso será no probabilística de muestreo encadenado, la cual permite seleccionar una muestra que sirve como referencia para otra muestra a mayor escala, (4) determinación del tamaño de la muestra, que para este caso es el número de habitantes del conjunto residencial seleccionado, y finalmente (5) la ejecución del proceso del muestreo, para la elección del método de recolección de información se usó el método cara a cara (Tabla 2-3), el cual tiene mayor probabilidad de obtener información a través de la encuesta, a pesar de que el número de encuestados pueda ser menor frente a otras alternativas. Sin embargo, este método permite una mayor calidad en las respuestas y un mayor contacto con la población a consultar, y así conocer la aceptación social de forma casi inmediata (Arriaza Balmón, 2006).

Tabla 2-3 Comparación de los métodos de recolección de la información

Característica	Cara a cara	Correo	Telef.	E-mail
Probabilidad de localizar individuo seleccionado	Media	Alta	Alta	Alta
Tasa de respuestas	Alta	Baja	Alta	Media
Posibilidad de un cuestionario largo	Alta	Media	Baja	Baja
Posibilidad de preguntas complejas	Alta	Media	Baja	Media
Éxito con preguntas abiertas	Alto	Bajo	Alto	Medio
Éxito con preguntas tediosas o aburridas	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Probabilidad de evitar preguntas sin respuestas	Alta	Media	Alta	Media
Probabilidad de evitar respuestas "socialmente deseables"	Baja	Alta	Media	Baja
Probabilidad de evitar la distorsión del entrevistador	Baja	-	Media	Media
Probabilidad de encontrar entrevistador cualificado	Baja	-	Alta	-
Probabilidad de realizar consultas cuando son necesarias	Media	Alta	Baja	Alta
Probabilidad de rapidez de realización	Baja	Baja	Alta	Alta
Probabilidad de mantener los costes bajos	Baja	Alta	Media	Alta

Fuente: Arriaza, 2006, Guía práctica de análisis de datos

2.2. Caracterización de la muestra

Según las estadísticas del primer trimestre de 2016 del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SIU), los estratos socioeconómicos que presentan mayor número de suscriptores en la ciudad de Bogotá son el dos (2) y el tres (3). El estrato tres tiene el mayor número de suscriptores (**Tabla 2-4**). No obstante, con respecto al consumo total mensual de agua potable el estrato dos reportó 6.100.259 m³ mientras que el estrato tres reportó 5.213.125 m³ en promedio durante los meses de enero a marzo de 2016. A pesar que el estrato tres no es de los estratos con mayor consumo por usuario, su demanda a nivel general representa más del 70 % del consumo del agua doméstica en la zona urbana de Bogotá, comparado con estratos como el uno (1), que tiene el consumo por usuario más elevado en esta ciudad de 13.74 m³/usuario/mes (Sistema Único de Información de Servicios Públicos, 2016).

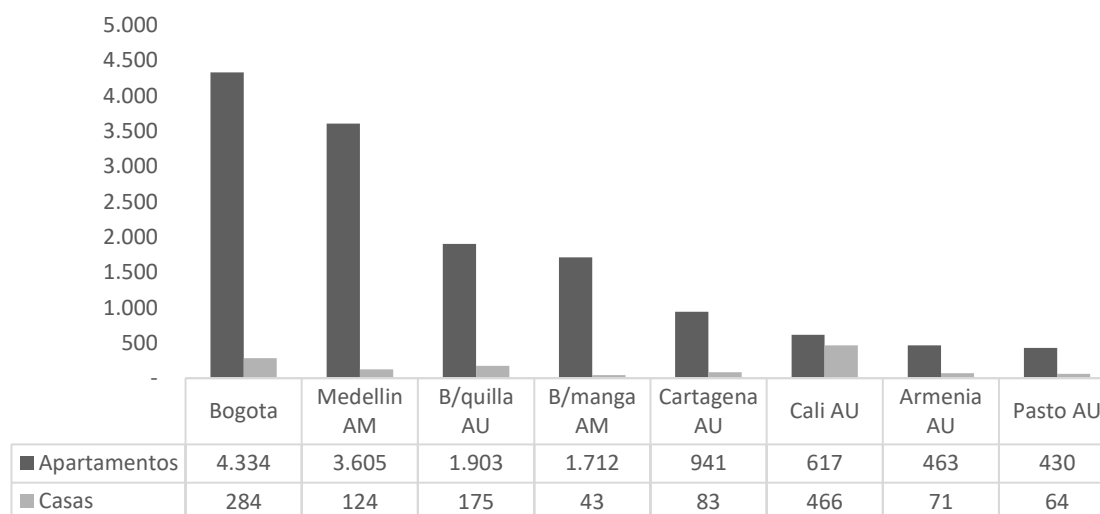
Tabla 2-4 Promedios Comerciales acueducto EAAB Bogotá primer trimestre 2016

Estrato	Cargo Fijo usuario/mes	Tarifa Consumo Básico usuario/mes (\$/m ³)	Número de suscriptores sin medición	Número de suscriptores con medición	Cobertura de micro medición (%)	Consumo Promedio (m ³ /usuario/mes)
1	2.026	711	1.585	84.846	98	13,74
2	4.051	1.421	6.929	536.208	99	11,38
3	5.739	2.014	9.042	547.214	98	9,53
4	6.752	2.369	3.633	253.111	99	8,02
5	15.472	3.650	1.001	70.670	99	9,11
6	19.502	3.887	1.016	52.015	98	11,70
Comercial	10.127	3.554	4.084	106.579	96	19
Industrial	8.791	3.297	267	5.353	95	158,03
Oficial	6.752	2.369	109	3.199	97	160

Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos, primer trimestre 2016
www.sui.gov.co

En el censo de edificaciones del primer semestre de 2016 realizado por el DANE, donde se compararon las áreas en proceso según el tipo de vivienda (apartamentos y casas) de las principales ciudades del país (**Gráfica 2-1**), se evidenció como Bogotá es la ciudad con mayor área de construcción en proceso, esto justificado al tamaño poblacional y dinámicas económicas de la ciudad. Mostrando una gran diferencia entre el área construida y proyectada para apartamentos (4.334 m²) y casas (284 m²).

Gráfica 2-1 Metros cuadrados para vivienda en proceso por tipo de vivienda



Fuente: DANE, 2016, Censo de edificaciones primer trimestre 2016

Frente al número de metros cuadrados en proceso de construcción para vivienda nueva de estrato dos y tres (son los estratos socioeconómicos con mayor consumo total de agua) se observa que en Bogotá para estrato tres se cuenta con un área de 2.305.465 m² y para estrato 751.952 m², superando el estrato tres al estrato dos en más de tres veces (**Ilustración 2-4**) (DANE, 2016).

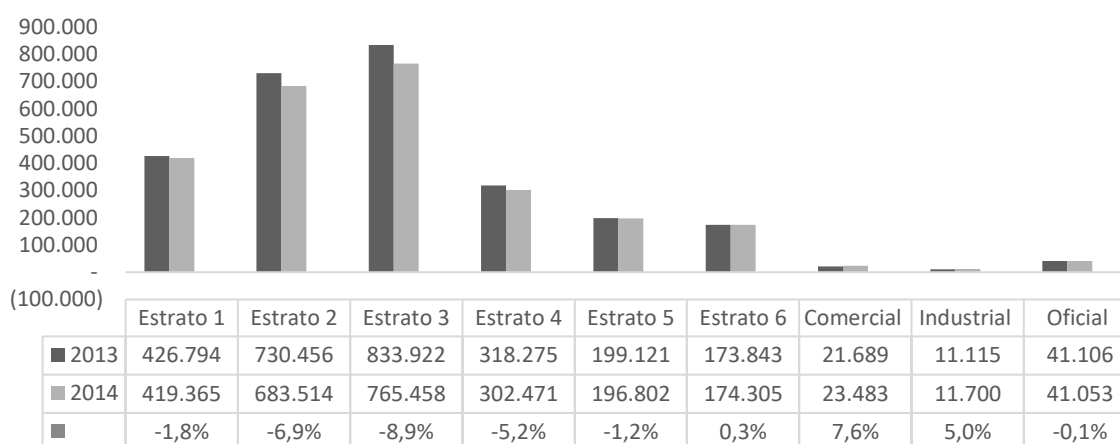
Ilustración 2-4 Metros cuadrados para vivienda en proceso por estrato socioeconómico 2016

Estrato	Total	Bogotá	Medellín	Cali	B/quilla.	B/manga.	Pereira	Armenia	Cartagena
Total	29.439.227	7.823.787	5.462.769	1.506.940	3.312.360	2.204.472	541.896	615.207	1.500.286
1	549.769	103.144	11.165	19.686	106.115	71.894	3.881	44.838	23.333
2	3.175.389	751.952	181.439	209.712	345.558	126.725	57.195	18.460	237.239
3	7.983.741	2.305.465	1.656.725	247.274	176.502	522.498	160.051	144.445	217.977
4	7.639.229	1.874.029	1.946.307	335.971	797.406	694.980	118.770	116.815	313.554
5	5.329.245	1.700.372	776.042	414.597	642.632	540.057	93.318	250.250	173.752
6	4.761.854	1.088.825	891.091	279.700	1.244.147	248.318	108.681	40.399	534.431

Fuente: DANE, 2016, Censo de edificaciones primer trimestre 2016

Con respecto a la facturación del servicio de acueducto para los años 2013 y 2014 de los diferentes estratos socioeconómicos en la ciudad de Bogotá, muestra mayores valores en los estratos dos y tres, los cuales representan el 97 % de la facturación total de usuarios residenciales y el 55 % del total facturado en la ciudad (incluyendo usuarios residenciales, industriales y comerciales) en 2014 (Gráfica 2-2). Aun cuando hubo una reducción en la facturación entre un año y el otro en el estrato tres (8.2 %), continuó siendo el grupo poblacional con mayor cobro en la facturación del servicio de acueducto, que está asociado directamente a el número de usuarios registrados. Cabe resaltar que el estrato tres carece de subsidio a diferencia del estrato dos (Superservicios, 2015).

Gráfica 2-2 Facturación por estrato servicio de acueducto 2013 - 2014



Fuente: SUPERSERVICIOS, 2015, Informe Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado- cifras en millones de pesos

A partir de las estadísticas a nivel demográfico, de consumo y de facturación del servicio de acueducto en los estratos socioeconómicos en la ciudad de Bogotá presentes en este numeral, se determinó que implementar un sistema de tratamiento de aguas grises en los estratos dos y tres, tendría un mayor impacto frente a proponer este tipo de alternativas a los usuarios de otros estratos, ya que principalmente no representan un volumen tan elevado de consumo como los estratos mencionados.

A pesar de no ser la población con mayor consumo por usuario, el estrato tres, es grupo poblacional que presenta la mayor cantidad de usuarios registrados y con una tendencia creciente en la proyección y construcción de nuevas edificaciones para vivienda con respecto al estrato dos.

Dentro de la población que conforma estrato tres (es decir niños, adultos, adultos mayores). La encuesta fue dirigida a la población con mayoría de edad ($18 \leq$), ya que partía de la suposición que estos grupos de personas estaría en la capacidad plena al tener un criterio y apreciación más definido sobre la reutilización de aguas grises en vivienda, participando activamente en la toma de decisiones ante implementación del sistema en caso de tener la capacidad y poder adquisitivo de vivienda.

2.2.2 Diseño de la encuesta

El diseño de la encuesta y el análisis de datos se realizó con el apoyo del Departamento de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia. La encuesta permitió obtener las respuestas de un número de personas que fueran representativas del fenómeno estudiado y que permitieran establecer tendencias en el comportamiento de grupo poblacional estudiado y que soportaran la viabilidad de la implementación o no del sistema tratamiento de aguas grises.

La encuesta se estructuró con base en los tres factores de afectación seleccionados; ambientales, sociales y económicos, y la relación entre estos (Tabla 2-5). A partir de la prueba piloto realizada con dieciocho (18) usuarios seleccionados de forma aleatoria dentro del campus de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, se pudo observar aspectos eran más relevantes para la población encuestada frente a la reutilización de aguas grises, tales como: propiedades físicas, costos, beneficios y afectación de la salud, permitiendo mejorar las preguntas de la encuesta.

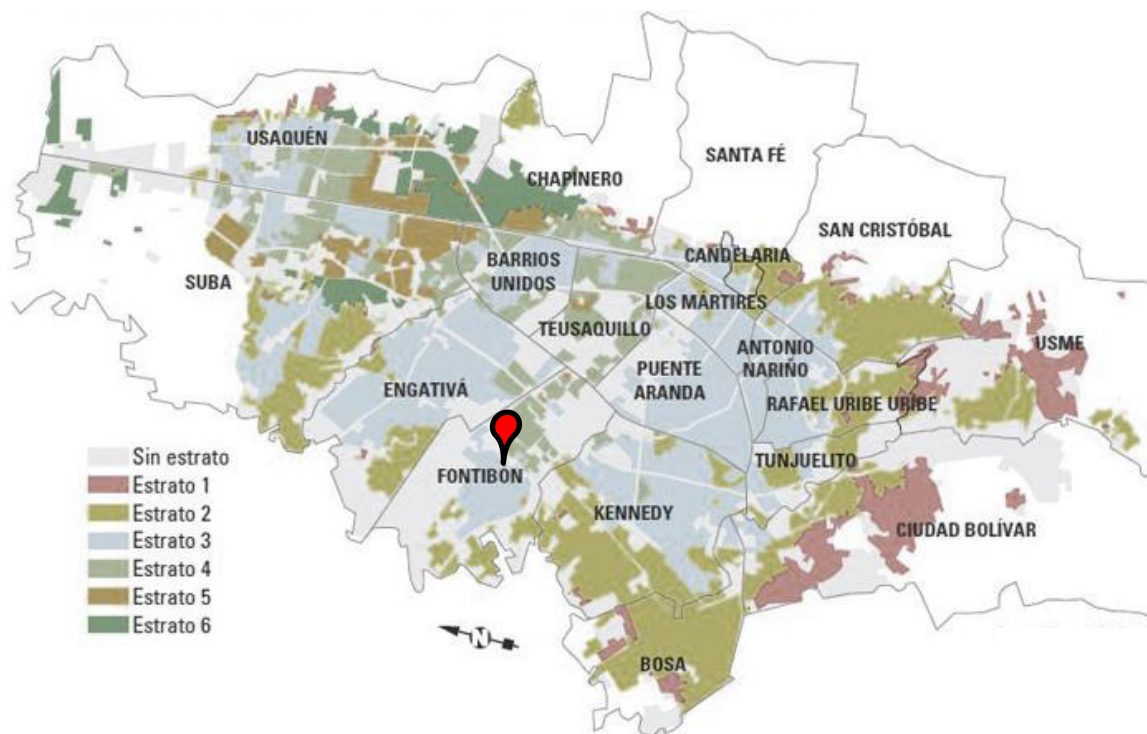
Tabla 2-5 Clasificación tipo de pregunta según factor de afectación

Código	Pregunta	Descripción
SE-01	Formación académica- nivel de estudios del encuestado	SOCIOECONÓMICO
SAM-01	Beneficios ambientales garantizados en la incorporación de un sistema de tratamiento de aguas grises	SOCIOAMBIENTAL DE SELECCIÓN MÚLTIPLE
SO-01	Origen del agua a tratar por el sistema de tratamiento de aguas grises	SOCIAL DE OPINIÓN
SAM-02	Actividades en las que se usara el agua gris tratada	SOCIOAMBIENTAL DE SELECCIÓN MÚLTIPLE
SP-01	Color que presenta el agua gris tratada.	SOCIAL DE PERCEPCIÓN
SP-02	Intensidad del olor presentado en el agua gris tratada	SOCIAL DE PERCEPCIÓN
SO-02	Método de instalación del sistema de tratamiento de aguas grises	SOCIAL DE OPINIÓN
SEA-01	Inversión inicial por unidad habitacional en el sistema de tratamiento de aguas grises	SOCIOECONÓMICO ACUMULATIVO

Fuente: Elaboración propia partir de la prueba piloto, septiembre 2016

El perfil de la población encuestada son usuarios registrados en la Empresa Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB-ESP), habitantes de vivienda multifamiliar, específicamente conjuntos residenciales estrato tres, para lo cual se realizó una base de datos de diferentes conjuntos residenciales ubicados en Bogotá, después del proceso de acercamiento con las administraciones o líderes de comunidad se obtuvo el apoyo del conjunto residencial Sabana Verde Etapa II.

Ilustración 2-5 Localización Conjunto residencial Sabana Verde Etapa II



Fuente: Secretaría de Planeación <http://www.sdp.gov.co>

El conjunto Sabana Verde Etapa II cuenta con 186 casas, estrato tres, en el barrio Hayuelos, perteneciente a la UPZ No 115 Capellanía, Localidad No 9 Fontibón. En un inicio fue un proyecto de Vivienda de Interés Social, cada una de las viviendas está compuesta por tres niveles, que constan de: a) Primer nivel: Sala comedor, cocina y zona de ropas; b) segundo nivel: Baño y 3 habitaciones y c) tercer nivel o altillo con un baño y una habitación o estudio (Anexo 6.2)

A pesar de la gestión realizada y el apoyo de la Maestría en Construcción, no se pudo realizar la encuesta en más conjuntos residenciales que permitiera tener una visión más amplia sobre la aceptación social en la reutilización de aguas grises, principalmente por razones de seguridad y riesgo, adicional de la logística requerida y el presupuesto disponible, limitantes para este tipo de encuestas presenciales.

La encuesta realizada y ajustada según las observaciones durante la prueba piloto estaba conformada por un total de quince (15) preguntas de opción múltiple, con menos de cinco opciones de respuesta cortas y claras con el fin de tener la mayor atención del encuestado, estructurada para evaluar cuatro aspectos (**Tabla 2-6**):

- a) Datos personales.
- b) Conocimientos, con el objetivo principal de tener un acercamiento en cuanto sabe la población encuestada sobre la reutilización de aguas grises.
- c) Práctica, la cual permitía conocer a manera general si el encuestado tenía experiencia previa y las principales razones para hacerlo.
- d) Opinión, donde se consultaba el concepto personal del encuestado sobre los tres factores de afectación.

Junto a la encuesta se desarrolló un manual para el encuestador donde se daban las pautas necesarias para el equipo que apoyó en las diferentes jornadas de trabajo, dentro de este se establecieron parámetros como la breve introducción aclaratoria que se debía dar previamente al bloque de preguntas de Opinión. En esta introducción se especificaban a manera general las ventajas y desventajas, texto que se debía leer sin juicio u opinión por parte del encuestador (**Anexo 6.3**).

Tabla 2-6 Mapa de la estructura de la encuesta aplicada

ENCUESTA																					
DATOS PERSONALES	PRACTICA		OPINIÓN																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Edad</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Nivel educativo</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ocupación</td></tr> </table>	Edad	Nivel educativo	Ocupación	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:</td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Recolección y aplicación manual</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mediante sistemas mecánicos</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table>	No	Si	7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Recolección y aplicación manual</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mediante sistemas mecánicos</td></tr> </table>	Recolección y aplicación manual	Mediante sistemas mecánicos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Descarga de aparatos sanitarios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Limpieza de calles</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Lavado de carros</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Sistemas contra incendios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Descarga de aparatos sanitarios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Limpieza de calles</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Lavado de carros</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Sistemas contra incendios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)</td></tr> </table>	Descarga de aparatos sanitarios	Limpieza de calles	Lavado de carros	Sistemas contra incendios	Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)
Edad																					
Nivel educativo																					
Ocupación																					
6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table>	No	Si																		
No																					
Si																					
7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Recolección y aplicación manual</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mediante sistemas mecánicos</td></tr> </table>	Recolección y aplicación manual	Mediante sistemas mecánicos																		
Recolección y aplicación manual																					
Mediante sistemas mecánicos																					
10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Descarga de aparatos sanitarios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Limpieza de calles</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Lavado de carros</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Sistemas contra incendios</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)</td></tr> </table>	Descarga de aparatos sanitarios	Limpieza de calles	Lavado de carros	Sistemas contra incendios	Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)															
Descarga de aparatos sanitarios																					
Limpieza de calles																					
Lavado de carros																					
Sistemas contra incendios																					
Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)																					
CONOCIMIENTOS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Disminución en el costo de la factura del agua</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contribuir a la conservación del recurso natural</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Generar conciencia a sus amigos y familiares</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Disminución en el costo de la factura del agua</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contribuir a la conservación del recurso natural</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Generar conciencia a sus amigos y familiares</td></tr> </table>	Disminución en el costo de la factura del agua	Contribuir a la conservación del recurso natural	Generar conciencia a sus amigos y familiares	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table>	Baja	Media	Ninguna	Alta							
8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Disminución en el costo de la factura del agua</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contribuir a la conservación del recurso natural</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Generar conciencia a sus amigos y familiares</td></tr> </table>	Disminución en el costo de la factura del agua	Contribuir a la conservación del recurso natural	Generar conciencia a sus amigos y familiares																	
Disminución en el costo de la factura del agua																					
Contribuir a la conservación del recurso natural																					
Generar conciencia a sus amigos y familiares																					
11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table>	Baja	Media	Ninguna	Alta																
Baja																					
Media																					
Ninguna																					
Alta																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table>	Si	No	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Residencia</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Edificio/ conjunto</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Barrio</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ciudad</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Residencia</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Edificio/ conjunto</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Barrio</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ciudad</td></tr> </table>	Residencia	Edificio/ conjunto	Barrio	Ciudad									
4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table>	Si	No																		
Si																					
No																					
9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Residencia</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Edificio/ conjunto</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Barrio</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ciudad</td></tr> </table>	Residencia	Edificio/ conjunto	Barrio	Ciudad																
Residencia																					
Edificio/ conjunto																					
Barrio																					
Ciudad																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table> </td> </tr> </table>	5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table>	No	Si	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table>	Ninguna	Baja	Media	Alta									
5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> </table>	No	Si																		
No																					
Si																					
12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Ninguna</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Baja</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Media</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Alta</td></tr> </table>	Ninguna	Baja	Media	Alta																
Ninguna																					
Baja																					
Media																					
Alta																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table>	Si	No															
13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Si</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">No</td></tr> </table>	Si	No																		
Si																					
No																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Que el sistema esté instalado previamente</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contratar el sistema usted mismo</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Que el sistema esté instalado previamente</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contratar el sistema usted mismo</td></tr> </table>	Que el sistema esté instalado previamente	Contratar el sistema usted mismo															
14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Que el sistema esté instalado previamente</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Contratar el sistema usted mismo</td></tr> </table>	Que el sistema esté instalado previamente	Contratar el sistema usted mismo																		
Que el sistema esté instalado previamente																					
Contratar el sistema usted mismo																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)</td> <td style="width: 50%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">\$1.000.000 a \$2.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Menos de \$1.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Más de \$2.000.000</td></tr> </table> </td> </tr> </table>		15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">\$1.000.000 a \$2.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Menos de \$1.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Más de \$2.000.000</td></tr> </table>	\$1.000.000 a \$2.000.000	Menos de \$1.000.000	Más de \$2.000.000														
15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">\$1.000.000 a \$2.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Menos de \$1.000.000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Más de \$2.000.000</td></tr> </table>	\$1.000.000 a \$2.000.000	Menos de \$1.000.000	Más de \$2.000.000																	
\$1.000.000 a \$2.000.000																					
Menos de \$1.000.000																					
Más de \$2.000.000																					

Fuente: Elaboración propia partir de la prueba piloto, septiembre 2016

2.3 HERRAMIENTA FINANCIERA - ÍNDICE DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

El *Return On Investment* ROI (en español Retorno Sobre La Inversión), es la relación que compara el beneficio obtenido frente a la inversión realizada. En otras palabras, es el coeficiente que cuantifica en términos financieros el rendimiento de un proyecto o actividad, por lo que es una herramienta para valorar la rentabilidad y eficacia de estos.

$$ROI = (Ganancia - Inversión) / Inversión$$

La relación expresada en la formula anterior, da como resultado un porcentaje que indicará el valor adicional con el que retornará la inversión original, para esto se requieren los valores de la inversión y de la ganancia. Una de las desventajas de esta herramienta es que no permite correlacionar otros factores o variables tales como el tiempo de recuperación, pero permite una primera aproximación a conocer la rentabilidad de un proyecto (SHIM, 1990).

Un ejemplo de la implementación del índice *ROI* se presenta a continuación. En el caso de tener una Inversión inicial *X*, y obtener una ganancia bruta *Y*, sin tener en cuenta los costos y gastos que implicaría lograr esta ganancia, se resta a esta el valor de la inversión con el fin de obtener el valor de la utilidad. Esta última, es dividida sobre el valor de la inversión, el valor resultante se multiplicará por cien para tener un valor en porcentaje.

Así a mayor porcentaje mayor rentabilidad, en caso de que el valor del ROI sea negativo, se entenderá como pérdida de la inversión realizada.

$$Utilidad = Y - X$$

$$ROI = (Y - X) / X$$

$$ROI = > 0 \text{ pérdida de la inversión}$$

$$ROI = 0 \text{ recuperación de la inversión}$$

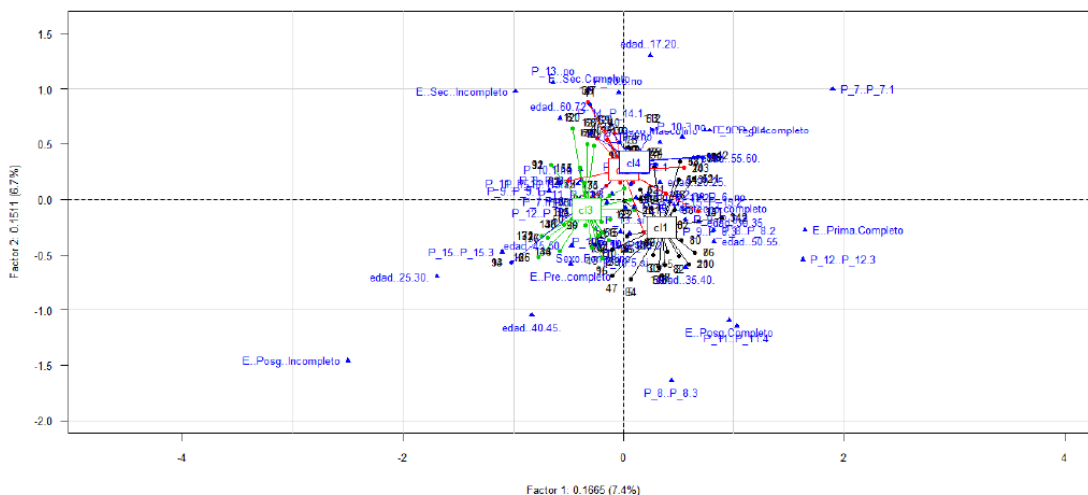
$$ROI = > 0 \text{ utilidad sobre la inversión}$$

2.4 ANÁLISIS MULTIVARIADO Y AGRUPACIÓN DE INDIVIDUOS

El equipo de trabajo del departamento de Estadística adscrito a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, a través de la técnica estadística para Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), la cual permite agrupar variables categóricas según las relaciones de dependencia e independencia y expresarlas de forma gráficas sobre un plano, propuso la agrupación de los individuos según las similitudes que se registraron en la encuesta realizada al conjunto residencial Sabana Verde II. El ACM se realizó a todas las preguntas incluidas en el cuestionario teniendo en cuenta que las opciones de respuestas eran de carácter cualitativo.

A pesar de que la implementación del ACM permite generar la agrupación de individuos y respuestas se hizo necesario un análisis de grupos para identificar claramente las relaciones entre las diferentes variables que se presentaron teniendo en cuenta la semejanza entre estas. Para el conjunto trabajado se obtuvo un total de cuatro grupos que describen una continuación. En la **Gráfica 2-2** se muestra la proyección sobre el plano factorial las agrupaciones que se presentaron y las cuales se clasificaron en cuatro grupos, en cada grupo se presenta un valor positivo o negativo por característica, cuando la característica era positiva esta era propia de los individuos del grupo, así cuando el valor dado era elevado este indicaba que la característica era representativa del mismo. En contraste a esto, cuando la característica era negativa, esta no describía a los individuos del grupo (**Anexo 6.5, pág. 19**).

Gráfica 2-3 Proyección de los grupos sobre plano factorial



Fuente: Grupo de trabajo Dpto. Estadística Anexo 6.5, pág. 19

Tabla 2-7 Agrupaciones de encuestados según características

Descripción CL1	Valor	Descripción CL2	Valor
Conservación del recurso natural	5.615	No uso para lavado de carros	5.982
Edad: entre 30 y 35	4.447	Ningún olor es aceptable	4.965
Posgrado completo	4.149	Edad: mayores de 60 años	4.680
Inversión, 1 a 2 millones	3.771	Ningún color es aceptable	4.364
No reutiliza agua	3.762	Edad: entre 55 y 60 años	4.356
Actualmente reutilización manual	-3.639	Edad: entre 20 y 25 años	-2.994
Reutiliza agua	-3.762	Color medio es aceptable	-3.226
Secundaria completa	-3.953	Inversión, entre 1 y 2 millones	-3.254
Reutilizaría agua de la residencia	-6.063	Olor medio es aceptable	-5.184
Búsqueda de la disminución en costos de la factura	-6.087	Uso para lavado de carros	-5.982
Descripción CL3	Valor	Descripción CL4	Valor
Reutilizara agua de la residencia	7.775	Edad: entre 17 y 20	6.848
Uso para lavado de carros	4.497	Instalación propia	5.811
Edad: entre 25 y 30 años	4.353	Pregrado incompleto	5.712
Búsqueda de la disminución en costos de la factura	4.133	Sexo masculino	3.388
Olor bajo es aceptable	4.002	Inversión, más de 2 millones	3.147
Reutilizara agua del barrio de residencia	-3.265	Técnico y tecnólogo completo	-2.325
Actualmente no reutiliza agua	-3.578	Pregrado completo	-3.170
Reutilizara agua del edificio de residencia	-4.041	Femenino	-3.388
Conservación del recurso natural	-4.386	Inversión, menos de 1 millón	-3.968
No uso para lavado de carros	-4.497	Instalación externa	-5.811

Fuente: Grupo de trabajo Dpto. Estadística Anexo 6.5, pág. 21-23

En la **Tabla 2-7** se presentan las principales características de las cuatro agrupaciones que se identificaron en los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, en las que a través del ACM se asignó un valor según la correspondencia con las otras características indicando la importancia que tiene en cada grupo identificado. En la tabla expuesta se muestran las cinco características con mayor valor positivo por grupo, lo que indican son las principales características que identifican a cada grupo, y las de mayor valor negativo, lo que muestra cuales son las características que están más lejos de identificar el grupo. Esto permite identificar y crear un perfil de usuario a través de la semejanza de sus características, es así como en el grupo 1 (CL1) se ve un mayor interés por la conservación ambiental que por el aspecto económico a diferencia del grupo 3 (CL3), donde existe un mayor interés en el origen del agua a tratar y actividades en las que se aplicarían y poco interés en conservación ambiental.

2.5 METODOLOGÍA PARA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO - *ANALYTIC NETWORKS PROCESS*

Para tener una aproximación sobre la viabilidad en la implementación del sistema en el tratamiento de aguas grises en las viviendas, se aplica la metodología propuesta por Thomas Saaty en 1999, planteada para la toma de decisiones en la que se deben contemplar múltiples variables. La metodología multicriterio denominada *ANP* por sus siglas en inglés de *Analytic Networks Process*, la cual a diferencia de su predecesora *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) permite representar un problema de decisión como una red de interdependencias entre todos los factores de afectación y las alternativas que la conforman, por medio de una serie de ecuaciones de lógica matemática que permiten tener una aproximación a la alternativa más asertiva contemplando las variables involucradas (Saaty & Vargas, 2006).

Existen otras metodologías para el análisis multicriterio como ELECTRE III, implementada por Adrián Perpiñán de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín en 2013 en su investigación titulada “*Metodología para la evaluación y selección de alternativas de aprovechamiento, ahorro y uso eficiente del agua en el sector institucional*”, en la que se valoraron siete alternativas y los factores de afectación frente a cada una desde aspectos sociales, ambientales, económicos y técnicos. La desventaja con esta metodología es que permite la evaluación individual tanto de los criterios como los factores, sin contemplar la influencia transversal que puede existir entre estos elementos.

La metodología multicriterio *ANP* permite identificar la relevancia de los criterios que afectan una situación planteada en este caso los factores; económico, ambiental y social, definiendo la importancia de cada uno y la correlación existente, esto con el fin de encontrar una alternativa racional que este sustentada en la lógica de la incidencia de los factores analizados, permitiendo la elección y toma de decisiones (Saaty & Vargas, 2012)

El método *ANP* se puede sintetizar en cinco pasos:

- 1- Identificación de los elementos que conforman la red, tanto los criterios de afectación, los factores ligados a estos criterios y las alternativas. A través de un sistema binario se da una valoración de afectación entre los elementos, donde 1 es la existencia de relación de influencia y 0 cuando no existe relación entre los elementos (denominada Matriz interfactorial). En la **Tabla 2-8** se ejemplifica la influencia entre factores y alternativas, y como esta relación no siempre debe ser mutua, por ejemplo, el factor dos (F_2) tiene influencia sobre el factor tres (F_3), pero F_3 no tiene influencia alguna sobre F_2 .

Tabla 2-8 Diagrama de la matriz interfactorial

	F₁	F₂	F₃	F₄	Alt₁	Alt₂
F₁	0	1	1	1	1	1
F₂	1	0	1	1	1	1
F₃	1	0	0	1	1	1
F₄	0	1	0	0	1	0
Alt₁	1	1	0	1	0	0
Alt₂	0	1	1	1	0	0

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2012

- 2- A través de matrices de comparaciones pareada donde se confrontan los elementos que tienen alguna relación de influencia y utilizando el concepto de dominancia, se asigna una puntuación según la importancia e influencia, dando un valor de 1 a 9 según la escala propuesta por Saaty (2012) (**Tabla 2-9**) para el elemento dominante, y el valor de reciprocidad para el dominado, será el inverso de la calificación del elemento dominante, es decir $1/X$ donde X es la puntuación del elemento dominante. Así cada elemento tendrá una calificación cuantitativa que permitirá la sumatoria de las columnas en la matriz. En la **Tabla 2-10** se ejemplifica la influencia que F_1 y F_2 tienen sobre F_3 , teniendo mayor influencia F_1 con un valor X y F_2 menor influencia con un valor de $1/X$, cuya influencia es importante y puede llegar a determinar la relevancia de una alternativa frente a otra.

Tabla 2-9 Escala de comparaciones pareada

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual dominancia.	Los dos elementos dominan por igual sobre el tercero.
3	Dominancia moderada de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es moderadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero.
5	Dominancia fuerte de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es más fuerte que la del otro sobre el tercero.
7	Dominancia muy fuerte de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es mucho más fuerte que la del otro sobre el tercero.
9	Extrema dominancia de un elemento comparado con el otro.	La dominancia de un elemento es extremadamente más fuerte que la del otro sobre el tercero.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Se usan como punto medio entre dos juicios (números impares de la escala numérica).

Fuente: Saaty & Vargas, *DECISION MAKING WITH THE ANALYTIC NETWORK PROCESS*, 2006

Tabla 2-10 Diagrama matrices de comparación pareada

F₁	F₂	F₃	F₂	F₁	F₄	F₃	F₁	F₂	F₄	F₁	F₂	F₃
F₂	1	1/X	F₁	1	X	F₁	1	X	F₁	1	X	1/X
F₃	X	1	F₄	1/X	1	F₂	1/X	1	F₂	1/X	1	X
									F₃	X	1/X	1

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2012

- 3- Una vez se tienen la matriz de comparación pareada se ponderan los valores de cada columna dividiéndolos por la suma total de la misma, de tal manera que la suma de cada columna en la tabla de ponderación sea igual a uno (1). Seguido a esto, se promedia los valores de la fila de la tabla de ponderación, y así obtiene el Vector Propio el cual es un resultado en decimales, dando un peso de importancia relativo a cada uno de los elementos comparados, es decir entre más grande sea su valor, mayor afectación estará causando en el factor analizado (Tabla 2-11).

Tabla 2-11 Diagrama matriz de comparación pareada, ponderación y vector propio

Comparación pareada			Ponderación		Vector propio
F₃	F₁	F₂	F_{1p}	F_{2p}	
F₁	1	X	$1 / \Sigma F_1$	$X / \Sigma F_2$	PROMEDIO F ₁ (F _{1p} , F _{2p})
F₂	1/X	1	$(1/X) / \Sigma F_1$	$1 / \Sigma F_2$	PROMEDIO F ₂ (F _{1p} , F _{2p})
	ΣF_1	ΣF_2	$\Sigma F_{1p} = 1$	$\Sigma F_{2p} = 1$	$\Sigma VP = 1$

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2012

Ya que los valores que se asignan de la escala enunciada (Tabla 2-9) son de forma subjetiva, se debe verificar la lógica de los valores relacionados, esto se hace a través de la Proporción de Consistencia (PC) (Tabla 2-12) la cual debe ser igual o inferior al 10% (0.1), este es el cociente entre el Índice de Consistencia (IC) y el Índice de Insistencia Aleatorio (IA).

Formula 2-1 Proporción de Consistencia

$$PC = IC/IA \quad IC = nmax - n / n - 1 \quad IA = 1.98 (n - 2) / n$$

Donde n_{\max} es la suma del producto obtenido al multiplicar los valores en cada una de las filas de la matriz pareada por el vector propio de la misma y n es el número de factores y/o criterios de la matriz.

Tabla 2-12 Diagrama Proporción de Consistencia

Comparación pareada			Vector propio	n_{\max}	Índice de consistencia (ic)	Índice de insistencia aleatorio (ia)	Proporción de consistencia (pc= ic/ia)
F₃	F₁	F₂					
F₁	1	X	VP F ₁ -F ₃	(1) (VP F ₁ -F ₃) + (X) (VP F ₂ -F ₃)			
F₂	1/X.	1	VP F ₂ -F ₃	(1/X) (VP F ₁ -F ₃) + (1) (VP F ₂ -F ₃)			
	ΣF_1	ΣF_2	$\Sigma VP = 1$	Σn_{\max}	$\frac{(\Sigma n_{\max})-2}{(2-1)}$	$\frac{1,98*(2-2)}{3}$	$\frac{(\Sigma n_{\max})-2}{1} / \frac{(2-2)}{(1,98*(2-2)) / 2}$

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, 2012

Si el resultado de la Proporción de Consistencia es mayor a 0.10, significa que los juicios consignados en la matriz de comparaciones pareadas son inconsistentes, por lo que las prioridades (criterios con mayor influencia) obtenidas no son válidas para la toma de decisiones y se deben revisar los valores asignados, esto logrado a través de lógica matemática que permita evaluar las comparaciones hechas.

- Basado en las matrices de comparación pareada se construye la denominada supermatriz ponderada, con los pesos de importancia (VP) obtenidos tanto para los factores de afectación como para las alternativas contempladas. Una vez se obtiene la supermatriz ponderada, se determina el porcentaje de importancia entre los criterios (conformados por los factores de afectación) y las alternativas, este valor se multiplica por los vectores propios con el fin de convertir la matriz en estocástica, donde la sumatoria de cada columna debe ser igual a uno (Tabla 2-13).

Tabla 2-13 Diagrama Supermatriz Ponderada

SUPERMATRIZ PONDERADA						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	Alt 1	Alt 2
F ₁	0	VP F ₁ -F ₂	VP F ₁ -F ₃	VP F ₁ -F ₄	VP F ₁ -Alt ₁	VP F ₁ -Alt ₂
F ₂	VP F ₂ -F ₁	0	VP F ₁ -F ₃	VP F ₂ -F ₄	VP F ₂ -Alt ₁	VP F ₂ -Alt ₂
F ₃	VP F ₃ -F ₁	0	0	VP F ₃ -F ₄	VP F ₃ -Alt ₁	VP F ₃ -Alt ₂
F ₄	0	VP F ₄ -F ₂	0	0	VP F ₃ -Alt ₁	0
Alt 1	VP Alt ₁ -F ₁	VP Alt ₁ -F ₂	0	VP Alt ₁ -F ₄	0	0
Alt 2	0	VP Alt ₂ -F ₂	VP Alt ₁ -F ₃	VP Alt ₂ -F ₄	0	0

SUPERMATRIZ PONDERADA ESTOCÁSTICA						
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	Alt 1	Alt 2
F ₁	0	VP F ₁ -F ₂ (%)	VP F ₁ -F ₃ (%)	VP F ₁ -F ₄ (%)	VP F ₁ -Alt ₁ (%)	VP F ₁ -Alt ₂ (%)
F ₂	VP F ₂ -F ₁ (%)	0	VP F ₁ -F ₃ (%)	VP F ₂ -F ₄ (%)	VP F ₂ -Alt ₁ (%)	VP F ₂ -Alt ₂ (%)
F ₃	VP F ₃ -F ₁ (%)	0	0	VP F ₃ -F ₄ (%)	VP F ₃ -Alt ₁ (%)	VP F ₃ -Alt ₂ (%)
F ₄	0	VP F ₄ -F ₂	0	0	VP F ₃ -Alt ₁ (%)	0
Alt 1	VP Alt ₁ -F ₁ (%)	VP Alt ₁ -F ₂	0	VP Alt ₁ -F ₄ (%)	0	0
Alt 2	0	VP Alt ₂ -F ₂	VP Alt ₁ -F ₃ (%)	VP Alt ₂ -F ₄ (%)	0	0
	ΣF ₁ = 1	ΣF ₂ = 1	ΣF ₃ = 1	ΣF ₄ = 1	ΣAlt ₁ = 1	ΣAlt ₂ = 1

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2012

- 5- Finalmente, se eleva la supermatriz ponderada estocástica a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan y permanezcan estables, esto quiere decir que todas las columnas son iguales (Tabla 2-14), obteniendo la supermatriz límite, esta indica los valores de prioridad global de todos los elementos presentes en la red (criterios y alternativas); (Saaty & Vargas, 2006) (Saaty, 1999).

Tabla 2-14 Diagrama Supermatriz Límite

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	Alt 1	Alt 2
F ₁	XF ₁	XF ₁	XF ₁	XF ₁	XF ₁	XF ₁
F ₂	XF ₂	XF ₂	XF ₂	XF ₂	XF ₂	XF ₂
F ₃	XF ₃	XF ₃	XF ₃	XF ₃	XF ₃	XF ₃
F ₄	XF ₄	XF ₄	XF ₄	XF ₄	XF ₄	XF ₄
Alt 1	XAlt ₁	XAlt ₁	XAlt ₁	XAlt ₁	XAlt ₁	XAlt ₁
Alt 2	XAlt ₂	XAlt ₂	XAlt ₂	XAlt ₂	XAlt ₂	XAlt ₂

Fuente: Elaboración propia basado en Saaty & Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, 2012

3. RESULTADOS

3.1 RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

3.1.1 IMPACTO DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Para hacer una aproximación cuantitativa al impacto que tiene el proceso de tratamiento y reutilización de aguas residuales se hace uso del modelo huella de carbono, el cual suma los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos de forma directa o indirecta durante el proceso. La huella de carbono se mide en kg de CO₂ equivalente, basado en las emisiones de GEI. Según una investigación publicada por la revista *Tecnología y Ciencias del agua* en 2012, el agua tratada es un nuevo recurso hídrico que permite reducir el impacto ambiental en la captación y potabilización de los recursos convencionales como agua superficial o subterránea y puede reemplazar o ser complementaria a otras alternativas que demandan más energía como la desalación, además de otros beneficios ambientales, tales como la reducción de la contaminación acuática por las descargas de agua residual.

El tratamiento de aguas residuales, al igual que la mayoría de los procesos artificiales, conlleva un impacto ambiental haciéndose necesario la evaluación y valoración de estos para su efectiva aplicación. En el artículo “Huella de carbono de la regeneración de agua” publicado por la revista *Tecnología del agua* en 2012, se hace un análisis comparativo de dos plantas de tratamiento para aguas residuales; una con tecnologías básicas como clarificación y sedimentación fisicoquímica, microfiltración y desinfección con luz UV y cloro. Otra con tecnologías más intensivas como osmosis inversa, oxidación avanzada mediante peróxido de hidrógeno, desinfección con luz UV y cloro. Según los resultados hallados los autores concluyeron que los tratamientos más intensivos, los cuales permiten una mejor calidad del agua suponen un mayor impacto sobre las emisiones de GIE que los procesos de tratamiento básicos (Delgado, Poussade, & Aguiló, 2012).

El consumo energético es el mayor impacto en los procesos de tratamiento, generando hasta un 70% del total de emisiones, empleando un factor de emisión de 0,5 kg CO₂eq/kWh. Lo que implica la búsqueda de energías renovables o el uso de tecnologías de menor emisión de CO₂ que reduzcan la huella de carbono (**Tabla 3-1**). Esto sirve a su vez como una herramienta para valorar la sostenibilidad de cada tecnología buscando un mayor y mejor resultado en la reutilización del agua. (Salas Rodríguez, Pidre Bocardo, & Cuenca Fernández, 2007).

Tabla 3-1 Rango de consumo energético

Tipo y fuente de agua	Rango consumo energético kWh/m ³
Suministro de agua potable (incluido transporte hasta depósitos principales)	
Agua superficial	0,0002-1,74
Agua subterránea	0,37-1,32
Desalación	4,94-5,41
Tratamiento biológico de las aguas residuales	
Fangos activados	0,43-1,09
Aireación prolongada	0,49-1,01
Lagunaje convencional	0,05
Tratamiento para eliminación de patógenos (a)	
Filtración directa (filtros lecho pulsado) + desinfección (UV y cloro)	0,18
Filtración directa (filtros cerrados) + desinfección (UV y cloro)	0,50-1,21
"Title-22" + desinfección (UV y cloro) (b)	0,20-0,63

(a) Consumo de la distribución del agua tratada no incluido debido a la gran variabilidad en función de la ubicación del usuario.

(b) "Title-22" se refiere al tratamiento completo según normativa californiana consistente en coagulación, floculación, decantación y filtración como tratamientos previos a la desinfección.

Fuente: Salas, 2007, Seminario Internacional: Agua, Energía y Cambio Climático, Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava, pág. 13

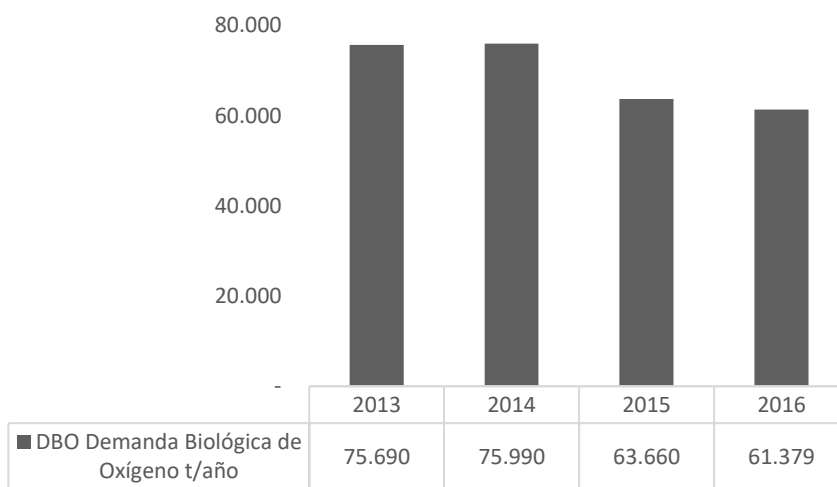
A pesar de los factores de riesgo y el impacto ambiental del tratamiento y reutilización de aguas residuales anteriormente mencionados, es de resaltar la situación actual del país en cuanto a manejo de este tipo de aguas, principalmente en ciudades como Bogotá donde se trata menos del 10% de las aguas generadas principalmente en la zona urbana, se estima que el 76 % de las aguas residuales que son vertidas por la ciudad son aguas residuales domésticas (CAR, 2000).

Según el Plan Nacional de Manejos de Aguas Residuales Municipales de Colombia de 2004, para el año de 1999 la materia orgánica generada por las actividades domésticas fue de 482.193 ton, de las cuales solo el 4 % tuvo tratamiento antes de ser vertida en los cuerpos hídricos, según este mismo documento la zona andina es la región con mayor tendencia hacer vertimientos de aguas residuales directamente a cuerpos de agua ubicados dentro del perímetro urbano, siendo Bogotá el mayor el productor de aguas residuales representando más del 15,3 % del total a nivel nacional.

En un artículo publicado en el 2008 por el periódico El Espectador sobre la cobertura en el tratamiento de aguas residuales en el país cita a la exviceministra de Agua y Saneamiento Básico, Leyla Rojas Molano, quien afirma que el país cuenta con plantas con capacidad para tratar el 32 % de las aguas residuales, pero solo se trata un 9 % aproximadamente, debido a la falta del buen uso y mantenimiento de la infraestructura. Situación que se evidencia en la PTAR El Salitre que trata las aguas del río Bogotá y tiene capacidad para tratar seis metros cúbicos de agua por segundo, pero a la fecha de la publicación sólo trataba cuatro metros cúbicos. (El Espectador, 2008)

El poco tratamiento que se le ha dado a las aguas residuales domesticas han causado un impacto ambiental de gran escala, causando problemas de eutrofización y condiciones anóxicas (sin oxígeno disuelto), modificando los ecosistemas naturales afectando directamente tanto flora y fauna como la población de pequeños municipios que requieren usar el agua de estos cuerpos hídricos afectados (Ministerio de Ambiente, 2004). No obstante, los procesos de control y seguimiento que llevan a cabo las entidades de control han permitido hacer frente a esta problemática de contaminación por vertimientos de aguas residuales, esto se ve reflejado en la tendencia a la baja en cuanto a carga de materia orgánica, por ejemplo los indicadores del Observatorio Ambiental de Bogotá dirigido por la Secretaría Distrital de Ambiente, donde muestra que en los últimos cinco años se ha reducido la carga contaminante de 75.690 t/año en 2013 a 61.379 t/año en 2016 (Gráfica 3-1).

Gráfica 3-1 Carga de materia orgánica (DBO) aportada al Río Bogotá



Fuente: Observatorio Ambiental de Bogotá <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=58>

La reutilización de aguas grises permite que sea una alternativa como apoyo y plan de mitigación al nivel de contaminación que está presentando las fuentes hídricas que reciben las descargas de AR y las emisiones GEI a la ciudad, donde por cada unidad habitacional que esté vinculada a un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises deja de aportar aproximadamente el 40% de aguas residuales al sistema de alcantarillado y posteriormente a los cuerpos de agua, con base en los datos que indican que las aguas domésticas residenciales representan la mayor parte del volumen de las aguas vertidas por la ciudad.

Según lo informado por la Comisión Europea 1kw/h es equivalente a 0,65 kg de emisiones de CO₂, se puede afirmar que a mayor consumo energético mayor será la contaminación generada, siendo el consumo energético identificado como el principal factor en los cálculos del análisis del ciclo de vida asociados al tratamiento del agua tanto potable como residual (Salas Rodríguez, Pidre Bocado, & Cuenca Fernández, 2007). Basado en esto a continuación se hace una aproximación del impacto ambiental y aporte en la reducción de emisiones de CO₂ que generaría la incorporación de un sistema de tratamiento y reutilización específicamente de agua grises en viviendas de la ciudad de Bogotá.

Teniendo en cuenta que el consumo promedio por suscriptor de estrato tres en Bogotá es de 9,53m³/mes (Tabla 2-4), de este total de agua potable el 40 % puede ser sustituido por agua gris tratada y reutilizada en actividades como descarga de sanitarios y limpieza (Tabla 3-6), lo que representa 3,81m³ de agua gris al mes para reemplazar el mismo volumen de agua potable que se dejaría de usar por suscriptor.

La Tabla 3-1 muestra el consumo energético para la producción y suministro de agua superficial es de 1,74 kWh/m³ y el tratamiento para eliminación de patógenos con desinfección (UV y cloro) consume entre 0,20 y 0,63 kWh/m³, para este cálculo se tomó el valor máximo de 0,63 kWh/m³. A partir de esto se elaboró la Tabla 3-2 donde se hace una aproximación al impacto que tendría la implementación de un sistema para tratamiento y reutilización de agua gris, entendiendo que las plantas comerciales tienen una vida útil de veinte años se hizo sobre este periodo de tiempo.

Para lo cual se estimó que por veinte años la producción de agua potable requerida para un suscriptor generaría un total de 2.586,86 kg CO₂eq, al reducir el consumo en un 40 % se dejaría de producir 1.034,73 kg CO₂eq a esto se le debe descontar la emisión generada por el consumo energético para el tratamiento de las aguas grises durante el mismo periodo de tiempo que sería de 374,64 kg CO₂eq. Por lo tanto, el valor neto de emisiones que un suscriptor con una planta de tratamiento de aguas grises en su vivienda por veinte años dejaría de generar sería de 660,09 kg CO₂eq o su equivalente anual de 33 kg CO₂eq (Tabla 3-2).

Tabla 3-2 Proyección ahorro de emisiones CO₂ por suscriptor

Concepto	m ³ /mes	consumo energético kWh/m ³	total consumo energético kWh/m ³ /mes	kg CO ₂ eq/kWh	kg CO ₂ eq/ mes	kg CO ₂ eq/año	Vida útil	kg CO ₂ eq
Consumo regular de agua por suscriptor	9,53	1,74	16,58	0,65	10,78	129,34	20	2.586,82
Ahorro potable	3,81	1,74	6,63	0,65	4,31	51,74	20	- 1.034,73
Tratamiento agua	3,81	0,63	2,40	0,65	1,56	18,73	20	+ 374,64
Total ahorrado			4,23	0,65	2,75	33,00	20	660,09

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas en la sabana de Bogotá publicado en diciembre de 2015 por la revista Mutis de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, la especie con mejor comportamiento y captación estable de dióxido de carbono (CO₂) a diez (10) años fue el roble, con un reporte total de 189,28 kg CO₂eq para este periodo (Díaz Cepeda & Velásquez Camacho, 2015). En relación con el cálculo que se realizó en la **Tabla 3-2** un suscriptor podría disminuir la emisión de 330 kg CO₂eq usando agua gris tratada lo que equivaldría a lo que 1,7 robles podrían captar en el mismo tiempo.

Tomando como ejemplo el conjunto residencial Sabana Verde II seleccionado como parte de esta investigación el cual cuenta con 186 casas (es decir suscriptores al servicio de acueducto), si este implementara el tratamiento y reutilización de aguas grises durante diez años se evitaría la emisión de 61.380 kg CO₂eq aproximadamente la captura que realizarían 324 robles.

Tabla 3-3 Proyección ahorro de emisiones CO₂ conjunto Sabana Verde II

No suscriptores	kg CO ₂ eq/año/ suscriptor	kg CO ₂ eq/año	No años	kg CO ₂ eq/10 años	kg CO ₂ eq/árbol/ 10 años	No de árboles (roble)
1	33	33	10	330	189,28	1,7
186	33	6.138	10	61.380	189,28	324

Fuente: Elaboración propia

Laura Alcalde en su investigación “los riesgos asociados a la reutilización de aguas residuales” mencionan que los riesgos ambientales dependen más del origen de la carga contaminante, ya que los peligros de origen biológico no representan un riesgo tan importante para el medio ambiente, como si sucede con los de origen químico. El riesgo ambiental en la reutilización de aguas residuales, ya sean grises o negras, es complejo de evaluar, debido a la cantidad de variables que pueden afectarlas, por lo que es necesario realizar un monitoreo durante diferentes periodos, a corto, mediano y largo plazo para observar los posibles efectos adversos en los ecosistemas (Alcalde Sanz, 2012).

Otro problema que se puede presentar en el uso de aguas tratadas es la disminución en el caudal de los sistemas de alcantarillado, al reciclar el agua aun cuando se mantenga el mismo consumo disminuye el flujo en el sistema de alcantarillado lo que podría generar problema de sedimentación y acumulación de material orgánico, que a su vez producirá malos olores y posibles problemas de plagas. Sin embargo, en (Penn, Schütze, & Friedler, 2013) se afirma que la mayoría de las alcantarillas municipales trabajan con flujos por encima de su dimensionamiento existiendo una disminución de caudal que no significaría un problema contundente que pudiera afectar la implementación de un sistema para el tratamiento y reutilización de aguas residuales.

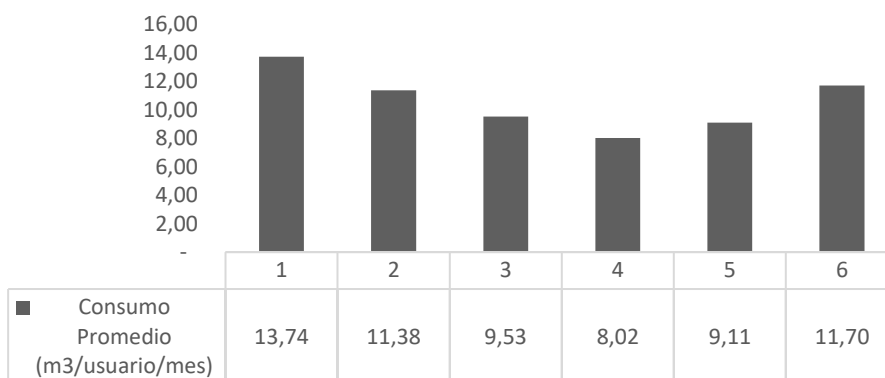
3.2 RENTABILIDAD ECONÓMICA

3.2.1 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

Uno de los tres aspectos que estructura la presente investigación es la rentabilidad económica, lo cual incide en la aceptación que tendrá por parte del usuario. Para esto se ha creado una base de datos con treinta empresas relacionadas con el tratamiento de aguas en el país, obteniendo respuesta de doce de estas, donde finalmente se seleccionaron dos empresas que se ajustan a lo requerido en cuanto a las plantas compactas para el tratamiento y reutilización de aguas grises domesticas residenciales. Se pudo evidenciar que la mayoría de las empresas se enfocan en el manejo de aguas residuales industriales o domesticas a escalas municipales y/o para compañías que están bajo la exigencia de la normativa colombiana sobre vertimientos. Al ver la poca oferta que existe en el mercado se ratifica la baja demanda que existe de sistemas para el tratamiento y reutilización de aguas a nivel doméstico y residencial.

Según la información recolectada el consumo por un usuario³ estrato tres en la ciudad de Bogotá, durante un día es de 9,53 metros cúbicos (**Gráfica 3-2**), Según el DANE en la Encuesta de Calidad de Vida de 2015 por vivienda vive una media de 3,2 personas, aproximando a 4 personas por cada usuario registrado (**Tabla 3-4**), lo que indica que el consumo por día de una persona estrato tres en Bogotá es de 99,3 litros (**Tabla 3-5**). Estos datos permitieron establecer los valores promedio de aguas grises producida tanto por vivienda como por usuario.

Gráfica 3-2 Consumo por estratos primer trimestre 2016 de Bogotá



Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos, www.sui.gov.co

Tabla 3-4 Datos ECV 2015

Año	Lugar	Promedio personas por hogar un	Hogares con acceso acueducto %	Hogares con acceso alcantarillado %	Vivienda propia totalmente %	Vivienda parcial %	Vivienda arrendada/ subarrendada %
2014	BOGOTÁ	3,2	99,7	99,7	36,8	8,1	46,2
2015	BOGOTÁ	3,2	99,9	99,6	33,3	8,7	48,4

Fuente: DANE, 2015, Encuesta Calidad de Vida

Tabla 3-5 Cálculo consumo de agua

Valor	Unidades	Concepto
9,53	m ³ / mes	Consumo por suscriptor estrato 3 en Bogotá
0.318	m ³ / día	Consumo por suscriptor estrato 3 en Bogotá
318	l/ día	Consumo por suscriptor estrato 3 en Bogotá
3,2	habitante	Número de habitantes por suscriptor
99,3	l/día	Consumo por habitante estrato 3 en Bogotá

Fuente: Elaboración propia basado en ECV y datos SUI

³ Cuando se habla de usuario registrado se refiere a la unidad habitacional.

Para conocer qué porcentaje del total de los 99,3 litros que consume un residente de la ciudad de Bogotá de estrato tres que son usados en actividades que producen aguas grises y en cuales podría utilizar agua gris tratada, se realizó un cuadro comparativo (Tabla 3-6) siguiendo tres fuentes bibliográficas⁴ con porcentajes diferentes a las actividades regulares al interior de la vivienda que demandan agua potable y producen aguas residuales, ya sean negras o grises. Las diferencias de porcentajes están asociadas a la cultura de cada área donde se realizaron los estudios planteados, dos en España y otro en Colombia. Este último no es tan detallado, pero se adapta más a lo indicado en las fuentes consultadas que indican que aproximadamente el 40 % del agua usada en una vivienda, genera aguas grises que pueden ser tratadas (ducha-lavadora).

A manera comparativa frente a los porcentajes destinados a cada actividad al interior de la vivienda, se puede observar como en Colombia se consume menos agua en actividades como la ducha, ya que dentro de esta cultura el uso de bañeras y tinas que requieren más agua, no es común para el estrato tres, adicional en países europeos a diferencia de Colombia se tiene el uso del bidet lo que genera un mayor consumo de agua por los aparatos sanitarios, a frente a otras actividades como el uso de la lavadora (20 %) donde se consume un valor volumen de agua frente al consumido en España, ya que para esta propuesta se está teniendo en cuenta el agua residual del lavado como agua gris, esta puede ser una gran oportunidad para potenciar el uso de los sistemas para el tratamiento y reutilización de aguas grises.

Tabla 3-6 Tabla actividades relacionadas aguas grises

Tipo de uso	Consumo en litros	% de uso (1)	Consumo en litros	% de uso (2)	Consumo en litros	% de uso (3)	Tipo de agua consumida	Tipo de agua producida
Ducha	16,9	17,0%	33,8	34,0%	32,5	32,7 %	potable	gris
Lavaplatos	38,7	39,0%	5,0	5,0%	5,4	5,5 %	potable	negra
Lavamanos	-	0,0%	17,9	18,0%	17,0	17,2 %	potable	gris
Consumo-Cocina	-	0,0%	4,0	4,0%	5,1	5,2 %	potable	-
Descarga de sanitarios	23,8	24,0%	20,8	21,0%	22,2	22,3 %	gris	negra
Lavado de ropa	19,9	20,0%	9,9	10,0%	10,3	10,3 %	potable /gris	gris
Otros -limpieza	-	0,0%	7,9	8,0%	6,8	6,8 %	gris	-

Fuente: *Elaboración propia basado en:* 1- (El Tiempo, El tiempo, 2012) 2- (Domene Gomez, Saurí Pujol, Martí Ragué, Molina Vila, & Huelin, 2009) 3- (Albiol Omella & Agulló Amorós, 2014)

⁴ El Tiempo. (2012). *El tiempo*. Obtenido de Cuatro años para salvar el agua de Bogotá: www.eltiempo.com

Domene Gomez, E., Saurí Pujol, D., Martí Ragué, X., Molina Vila, J., & Huelin, S. (2009). Tipologías de vivienda y consumo de agua en la región metropolitana de Barcelona.

Albiol Omella, C., & Agulló Amorós, F. (2014). *LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN ESPAÑA: CAUSAS Y TENDENCIAS*. Madrid.

Con el fin de conocer las tarifas de un sistema para el tratamiento de aguas grises, en este caso una planta compacta de PRFV en el mercado colombiano, se realizó una serie de cotizaciones en las que se propuso tres edificios de diferentes áreas según el promedio de edificaciones de la ciudad de Bogotá para estrato tres; edificio No. 1 una torre de cuatro pisos con seis apartamentos por piso, edificio No. 2 una torre con seis pisos de seis apartamentos por piso y el edificio No. 3 dos torres del caso No 2. Partiendo de un consumo promedio diario aproximado de 100 litros de agua por habitante, se aplicó el porcentaje mínimo de aguas grises por vivienda del 40 % (a partir de la información consultada), para conocer el volumen total que debe tratar el sistema y así tener una referencia de los diferentes volúmenes de agua a tratar (Tabla 3-7).

Tabla 3-7 Tabla actividades relacionadas con aguas grises

Edificio	No hab./apto	No apto/piso	No pisos/torre	No hab./torre	consumo l/hab./día	aguas grises 40%	Total agua a tratar l
1	4	6	4	96	100	40	3.840
2	4	6	6	144	100	40	5.760
3	4	6	12	288	100	40	11.520

Fuente: Elaboración propia, propuesta de tres edificios

Los valores de la **Tabla 3-8** son basados en las cotizaciones entregadas por dos de las empresas consultadas que ofrecen plantas compactas para el tratamiento de aguas grises residuales domesticas residenciales, las que se denominaran planta No. 1 para la planta ofrecida por la empresa AquaOriente Ltda. y planta No. 2 para Quimerk Ltda. Estas cifras se tienen en cuenta el valor de la planta de tratamiento y los costos de obra e instalación. Ya que los valores de mantenimiento anual, accesorios hidráulicos y eléctricos adicionales requeridos para las redes alternativas de suministro al interior de la vivienda pueden variar según sean las condiciones específicas de cada inmueble y no se incluyen como parte de los valores aproximados de inversión inicial. Según Mónica Galvis en su investigación “Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas” indica que en promedio el pago anual por usuario en gastos de mantenimiento para una planta de aguas grises es de \$ 60.722 para 2013.

La diferencia entre las dos tarifas aquí expuestas donde la planta No. 2 es aproximadamente tres veces mayor que la planta No. 1, radican principalmente en el manejo de residuos a través de humedales y la tecnología de desinfección ofrecida, donde la planta No. 2 propone sistemas de desinfección a través de rayos ultravioleta el cual garantiza un mejor desempeño frente al sistema de desinfección con cloro (**Anexo 6.1**).

Al dividir el valor total de cada tipo planta por el número de apartamentos se calcula una tarifa promedio de la inversión que debería asumir cada unidad habitacional, por lo cual se debe tener en cuenta que este tipo de sistemas dan valor agregado al precio de venta del inmueble, representando una inversión y no un gasto directamente. Según la oferta comercial a mayor volumen de agua a tratar menor es el costo por unidad de agua tratada, lo que es directamente proporcional al costo que debe asumir cada unidad de vivienda.

La planta No. 1 puede tratar 4 m³/d a un costo por metro cubico de \$3.000.000, mientras que para tratar 12 m³/d tiene un costo de \$2.100.000 por metro cubico. Basados en la tendencia de nuevas construcciones en Bogotá, las cuales son principalmente apartamentos en bloques de vivienda (Gráfica 2-1), lo cual hace que sea más probable la instalación de una planta de tratamiento para mayor número de viviendas, ya que los costos por usuario serán menores, y por ende más asequible para los habitantes del estrato tres en la ciudad de Bogotá (Tabla 3-8).

A pesar de la diferencia en las tarifas entre las plantas No. 1 y No. 2, los valores brutos que debe invertir cada unidad habitacional o suscriptor no será mayor a dos millones de pesos lo que equivale al valor de venta de un metro cuadrado de vivienda estrato tres en la ciudad de Bogotá, donde en promedio el área es de 65,2 m² lo que representaría menos del 2 % del valor total del inmueble (Departamento Nacional de Planeación, 2016), y que puede ser amortizado mensualmente con la reducción del volumen de agua potable no facturado.

Tabla 3-8 Valor por usuario y habitante de plantas para tratamiento No. 1 y No. 2

Edificio	Total						
	agua a tratar l	Valor total planta No 1	valor por habitante	valor por apto.	Valor total planta No 2	valor por habitante	valor por apto.
1	3.840	\$12.110.400	\$126.150	\$504.600	\$42.071.388	\$438.244	\$1.752.975
2	5.760	\$17.904.600	\$124.338	\$497.350	\$55.126.488	\$382.823	\$1.531.291
3	11.520	\$25.988.640	\$90.238	\$360.953	\$70.311.573	\$244.137	\$976.550

Fuente: Elaboración propia, basado en cotizaciones comerciales
 Planta No. 1 Aquaorient ingeniería de aguas lida.
 Planta No. 2 Quimerk lida.

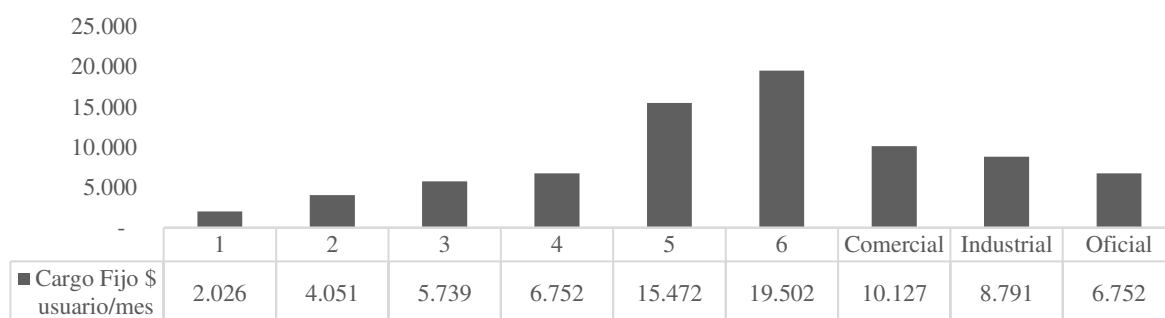
3.2.2 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RETORNO PARA EL CASO DE ESTUDIO

Dentro de las referencias entregadas por las empresas comercializadoras de plantas PRFV indican que estas cuentan con una vida útil de 20 años, el cual será el periodo de tiempo en el que será recuperada la inversión, para los casos en que la inversión se recupera en un periodo menor a 20 años, el valor ahorrado en el tiempo de diferencia serán de ganancia para el usuario, contemplando únicamente la inversión inicial de la planta ya que los gastos de uso y mantenimiento del sistema no se incluyen.

Basados en las tarifas actuales por metro cubico para estrato tres en Bogotá, se hace un estimado de retorno de la inversión, en la que se toma el valor del ahorro en la tarifa (40%) como retorno de la inversión, esto asumiendo que el total del agua gris tratada reemplazara el consumo de agua potable en actividades al interior de la vivienda que lo permitan, como descarga de sanitarios o limpieza de pisos.

El Sistema Único de Información de Servicios Públicos indica que las tarifas para el primer semestre de 2016 en cuanto al precio por metro cúbico de agua potable suministrada, no se incluyen cobros adicionales y básicos como el servicio de alcantarillado o subsidios. Por consiguiente, para el estrato tres el valor es de \$2.014 por metro cúbico, estando cerca de la media del valor de tarifas generales para Bogotá (Gráfica 3-3).

Gráfica 3-3 Tarifas por metro cúbico/usuario/mes primer trimestre de 2016 en Bogotá



Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos, www.sui.gov.co

En la **Tabla 3-9** se amortiza la inversión que un usuario debe realizar para los tres edificios propuestos tanto para la planta No. 1 como la No. 2, dicha inversión se difiere en el valor mensual que se estima el usuario ahorraría, siendo el 40 % del producto de la tarifa actual por metro cubico y la media de consumo para el estrato tres en Bogotá (\$7.677 usuario/m³/mes). Esta amortización se convierte en número de años que tomaría al usuario recuperar la inversión a través del ahorro realizado.

Tabla 3-9 Amortización de inversión

Planta No 1

Edificio	valor por apto.	Tarifa actual m ³	consumo mensual m ³	Valor m ³ /mes	Ahorro mensual 40 % m ³	Valor ahorro m ³ /mes	Amortización años
1	\$ 504.600	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	5
2	\$ 497.350	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	5
3	\$ 360.953	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	4

Planta No 2

Edificio	valor por apto.	Tarifa actual m ³	consumo mensual m ³	Valor m ³ /mes	Ahorro mensual 40 % m ³	Valor ahorro m ³ /mes	Amortización años
1	\$ 1.752.975	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	19
2	\$ 1.531.291	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	17
3	\$ 976.550	\$ 2.014	9,53	\$ 19.193	3,8	\$ 7.677	11

Fuente: Elaboración propia, propuesta de tres edificios

Para conocer el porcentaje de retorno de la inversión inicial se aplica la herramienta ROI para los tres edificios propuestos, donde la inversión por usuario es diferente dependiendo del tipo de planta y número de usuarios que la financiaría, pero el periodo de amortización será el mismo (20 años), lo que genera valores de ganancia diferentes en cada caso. En las **Tabla 3-10** **Tabla 3-11** se evidencia que a mayor número de usuarios por sistema, menor será la inversión y teniendo un mismo periodo de amortización la ganancia será mayor, esto respaldado por porcentaje de retorno de la inversión en cada caso.

En la **Tabla 3-10** se muestra de forma detallada la amortización de la inversión, donde se asume que el ahorro anual es constante y no se incluyen índices de incremento de tarifas, es así que se recupera la inversión para el edificio No. 1 y No. 2 en un periodo de cinco años, y para el caso No. 3 en cuatro años. La diferencia reportada para este último caso se debe a que la inversión es notablemente menor frente a los otros dos edificios. Se toma como ganancia el valor total del ahorro que se tiene en los periodos posteriores a los necesarios para recuperar la inversión, durante los veinte años de vida útil del sistema de tratamiento. Es importante resaltar que empresa comercializadora del sistema PRFV ha reportado periodos de vida útil cuando han tenido correcto uso y mantenimiento, dando hasta 5 adicionales a lo estimado y con esto mantener un margen de rentabilidad, pero menor con respecto a los primeros 20 años, debido al incremento en la periodicidad del mantenimiento del sistema.

Tabla 3-10 Amortización detallada de inversión y ROI planta No 1

	Total ahorrado	Inversión	Ganancia	ROI
Edificio 1	\$1.842.568	\$504.600	\$1.337.968	265 %
Edificio 2	\$1.842.568	\$497.350	\$1.345.218	270%
Edificio 3	\$1.842.568	\$360.953	\$1.481.615	410%

Edificio 1				Edificio 2				Edificio 3			
Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión	Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión	Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión
1	92.128	+	412.472	1	92.128	+	405.222	1	92.128	+	268.825
2	92.128	+	320.343	2	92.128	+	313.093	2	92.128	+	176.697
3	92.128	+	228.215	3	92.128	+	220.965	3	92.128	+	84.568
4	92.128	+	136.086	4	92.128	+	128.836	4	92.128	-	7.560
5	92.128	+	43.958	5	92.128	+	36.708	5	92.128	-	99.689
6	92.128	-	48.170	6	92.128	-	55.420	6	92.128	-	191.817
7	92.128	-	140.299	7	92.128	-	147.549	7	92.128	-	283.946
8	92.128	-	232.427	8	92.128	-	239.677	8	92.128	-	376.074
9	92.128	-	324.556	9	92.128	-	331.806	9	92.128	-	468.202
10	92.128	-	416.684	10	92.128	-	423.934	10	92.128	-	560.331
11	92.128	-	508.813	11	92.128	-	516.063	11	92.128	-	652.459
12	92.128	-	600.941	12	92.128	-	608.191	12	92.128	-	744.588
13	92.128	-	693.069	13	92.128	-	700.319	13	92.128	-	836.716
14	92.128	-	785.198	14	92.128	-	792.448	14	92.128	-	928.844
15	92.128	-	877.326	15	92.128	-	884.576	15	92.128	-	1.020.973
16	92.128	-	969.455	16	92.128	-	976.705	16	92.128	-	1.113.101
17	92.128	-	1.061.583	17	92.128	-	1.068.833	17	92.128	-	1.205.230
18	92.128	-	1.153.711	18	92.128	-	1.160.961	18	92.128	-	1.297.358
19	92.128	-	1.245.840	19	92.128	-	1.253.090	19	92.128	-	1.389.487
20	92.128	-	1.337.968	20	92.128	-	1.345.218	20	92.128	-	1.481.615

Fuente: Elaboración propia, propuesta de tres edificios

Para este análisis no se tuvo en cuenta los gastos de uso y mantenimiento que requiere el sistema mencionado. La herramienta ROI permite conocer de manera sencilla la rentabilidad de una inversión, contemplando únicamente el valor de la inversión y el total de ganancia logrado sin tener en cuenta factores como el tiempo requerido para la recuperación de la inversión, aplicando la formula **$ROI = (Ganancia - Inversión) / Inversión$** . (ver numeral 2.3)

Tabla 3-11 Amortización detallada de inversión y ROI planta No 2

Total ahorrado			Inversión	Ganancia	ROI
Edificio 1			\$1.842.568	\$1.752.975	\$89.594
Edificio 2			\$1.842.568	\$1.531.291	\$311.277
Edificio 3			\$1.842.568	\$976.550	\$866.019

Edificio 1				Edificio 2				Edificio 3			
Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión	Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión	Año	Ahorro mensual		Saldo de inversión
1	92.128	+	1.660.846	1	92.128	+	1.439.163	1	92.128	+	884.421
2	92.128	+	1.568.718	2	92.128	+	1.347.035	2	92.128	+	792.293
3	92.128	+	1.476.589	3	92.128	+	1.254.906	3	92.128	+	700.164
4	92.128	+	1.384.461	4	92.128	+	1.162.778	4	92.128	+	608.036
5	92.128	+	1.292.332	5	92.128	+	1.070.649	5	92.128	+	515.908
6	92.128	+	1.200.204	6	92.128	+	978.521	6	92.128	+	423.779
7	92.128	+	1.108.076	7	92.128	+	886.392	7	92.128	+	331.651
8	92.128	+	1.015.947	8	92.128	+	794.264	8	92.128	+	239.522
9	92.128	+	923.819	9	92.128	+	702.136	9	92.128	+	147.394
10	92.128	+	831.690	10	92.128	+	610.007	10	92.128	+	55.265
11	92.128	+	739.562	11	92.128	+	517.879	11	92.128	-	36.863
12	92.128	+	647.434	12	92.128	+	425.750	12	92.128	-	128.991
13	92.128	+	555.305	13	92.128	+	333.622	13	92.128	-	221.120
14	92.128	+	463.177	14	92.128	+	241.494	14	92.128	-	313.248
15	92.128	+	371.048	15	92.128	+	149.365	15	92.128	-	405.377
16	92.128	+	278.920	16	92.128	+	57.237	16	92.128	-	497.505
17	92.128	+	186.791	17	92.128	-	34.892	17	92.128	-	589.633
18	92.128	+	94.663	18	92.128	-	127.020	18	92.128	-	681.762
19	92.128	+	2.535	19	92.128	-	219.149	19	92.128	-	773.890
20	92.128	-	89.594	20	92.128	-	311.277	20	92.128	-	866.019

Al aplicar la herramienta ROI a las tarifas de la planta No 2 se observa la drástica reducción en el porcentaje de rentabilidad que esta ofrece frente a la planta No.1, contemplando que el valor de ahorro que fue asignado como ganancia es el mismo para ambas plantas, pero la inversión es mayor en los tres edificios propuestos para la planta No 2. (Tabla 3-11).

Los valores de inversión para la planta No. 1 y No. 2 fueron usados como referencia para la pregunta No. 15 de la encuesta realizada⁵ en la que se presentaron tres opciones de respuesta con los rangos obtenidos.

⁵ 2.2ENCUESTA: APROXIMACIÓN AL NIVEL DE ACEPTACIÓN SOCIAL

3.3 APRECIACIÓN SOCIAL

3.3.1 ENCUESTA

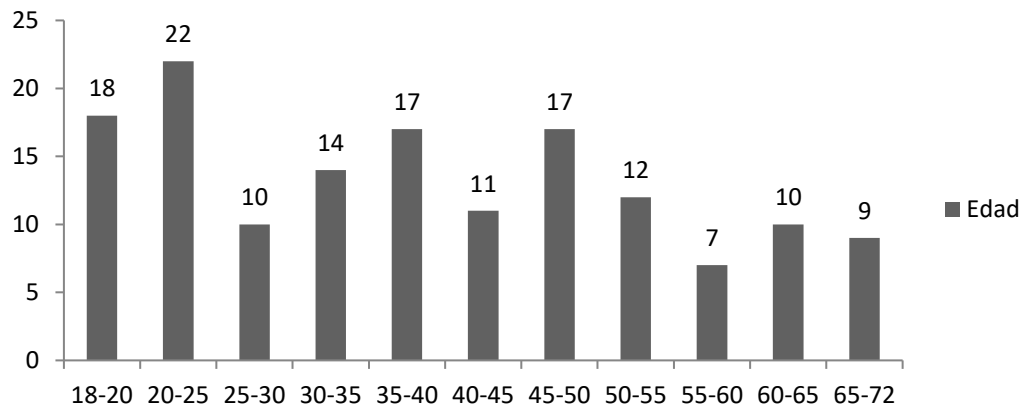
A través de la recopilación, análisis y evaluación de la información adquirida con la encuesta realizada, puntualmente en el conjunto estrato tres al suroccidente de la ciudad de Bogotá, se hizo un acercamiento al conocimiento, opinión y percepción frente a la reutilización de aguas grises de los 147 habitantes que fueron consultados (**Anexo 6.4**). Una vez se tabularon las respuestas obtenidas a través del formulario que fue evaluado, se creó la base de datos que permitió obtener resultados porcentuales. A partir del análisis presentado en el **Anexo 6.5** se generaron tres grupos de la población encuestada que permitió crear los perfiles de los usuarios, determinando factores de influencia como el nivel de estudios, el cual está relacionado con el nivel de aceptación (hipótesis planteada en la bibliografía consultada), así también los rangos de edades que mayor interés muestran a la alternativa planteada para el uso de aguas grises, edades relacionadas tanto con nivel académico y principales ocupaciones, lo que finalmente se ve correlacionado con el poder adquisitivo.

A continuación, se mencionan apartes del informe entregado por el equipo de trabajo del Departamento de Estadística, sobre los aspectos evaluados en la encuesta realizada que permiten la caracterización de los encuestados, datos personales (a) tales como la edad, ocupación y nivel académico, seguido de las estadísticas obtenidas en cada uno de los segmentos que estructuraron la encuesta; conocimiento (b), práctica (c) y opinión (d) (**Tabla 3-12**). Finalmente, se presenta de manera resumida los tres grupos en los que se clasificaron los encuestados y que permitió identificar un perfil de usuario en cada grupo (**Anexo 6.5**).

a) Datos personales:

Edad

El rango de edad de los encuestados es muy amplio. El intervalo que mayor frecuencia tiene comprende población joven entre los 20 y 25 años, los intervalos de menor frecuencia son aquellas personas que están entre los 50 y 60 años, seguido de aquellos que se encuentran entre los 65 y 72 años. En general la población que mayor se encuestó son menores de 40 años (Gráfica 3-4).

Gráfica 3-4 Número de personas encuestadas por edad

Fuente: Resultados encuesta elaborada en Sabana Verde ET2

Nivel educativo y ocupación

Según los resultados de la encuesta se observa que el nivel educativo Pregrado Completo es el que mayor cantidad de personas encuestadas tiene (38 personas), seguido de Técnico, Tecnólogo completo (36 personas) y secundaria completa (36 personas). A su vez vemos que dentro del nivel pregrado completo la ocupación de mayor frecuencia es empleada (23 personas) y trabajador independiente (7 personas). En general la mayoría de los encuestados son empleados o trabajadores independientes.

b) Conocimiento:

El 58,5 % de los encuestados tiene conocimiento sobre reutilización de aguas residuales, en su mayoría uso del agua proveniente de la lavadora, la cual, según indica es usada de forma artesanal para descarga de sanitarios, vaciándose directamente sin algún tipo de tratamiento o desinfección. Al consultar sobre el conocimiento o información relacionada a los tipos de aguas residuales que se pueden presentar al interior de la vivienda, menos del 30 % de los encuestados tenían claridad de las diferencias que existen en las aguas grises y aguas negras.

c) Práctica:

En este segmento se pudo observar que el 68,3 % de los residentes encuestados realizan algún tipo de practica para la reutilización de agua residual en la vivienda, donde el 98 % lo hace de manera artesanal, a través de recolección manual y al interior de la residencia, almacenándose normalmente en la zona de lavado cuando no se contaba con patio. Al consultar sobre la motivación por la que realizaban este tipo de practica (en los casos que aplica) el 65,5 % tienen como mayor objetivo el ahorro económico al reciclar agua.

Otra de las preguntas realizadas se enfocó en conocer la preferencia ante el origen del agua gris que sería tratada y reutilizada en la vivienda, para lo cual el 45,6 % prefiere el agua procedente de su propia residencia, seguido del 27,2 % que aceptaría agua procedente del edificio/conjunto, lo que respalda la información consignada en la literatura consultada sobre la preferencia de usar agua residual de actividades conocidas o sobre las que se tiene control.

d) Opinión:

Durante la encuesta se les presentó a los usuarios una fotografía con cuatro muestras de agua tratada de diferente intensidad de color (**ver anexo** Formulario de encuesta realizada al conjunto Residencial Sabana Verde II6.3) a lo que se les pregunto por la tolerancia frente estos, el 57,1 % indicó que tendrían baja tolerancia a los colores que pudiesen presentarse en agua que se espera reutilizar. También se consultó por otra de las propiedades organoléptica del agua tratada como el olor, a lo que el 49,7 % respondió que no tendrían ningún nivel de tolerancia frente a los olores que se genere.

El 91,9 % de los encuestados respondieron que aceptarían la incorporación de un sistema de tratamiento una vez entendidas las ventajas y desventajas, donde el 69,9 % preferirían que el sistema estuviese instalado en la vivienda previamente a ser habitada y se tengan las garantías de buen funcionamiento (similar a las demás instalaciones, agua, electricidad, gas etc.).

Otros de los aspectos que se evaluó en este segmento de opinión fue el rango de inversión que estaría dispuesto a pagar el usuario, donde el 56,5 % aceptaría un rango de inversión por un sistema de tratamiento y reutiliza de aguas grises entre \$1.000.000 a \$2.0000.000, entendiéndolo como un valor agregado al inmueble.

Tabla 3-12 Resultados de la encuesta

CONOCIMIENTO			OPINIÓN		
4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?	Si	58,5 %	10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)	Descarga de aparatos sanitarios	23,7 %
	No	41,5 %		Limpieza de calles	20,3 %
		Lavado de carros		20,1 %	
		Sistemas contra incendios		18,3 %	
		Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)		17,6 %	
5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?	No	72,1 %	11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)	Baja	57,1 %
	Si	26,5 %		Media	27,2 %
				Ninguna	12,2 %
				Alta	3,4 %
PRACTICA					
6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?	No	32,0%	12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?	Ninguna	49,7 %
	Si	68,3 %		Baja	44,2 %
				Media	6,1 %
				Alta	0,0%
7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:	Recolección y aplicación manual	67,6 %	13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?	Si	91,9 %
	Mediante sistemas mecánicos	0,7 %		No	6,8 %
8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?	Disminución en el costo de la factura del agua	65,5 %	14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:	Que el sistema esté instalado previamente	68,9 %
	Contribuir a la conservación del recurso natural	32,4 %		Contratar el sistema usted mismo	31,4 %
		Generar conciencia a sus amigos y familiares	2,1 %		
9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:	Residencia	45,6 %	15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)	\$1.000.000 a \$2.000.000	56,5 %
	Edificio/ conjunto	27,2 %		Menos de \$1.000.000	35,4 %
	Barrio	17,0%		Más de \$2.000.000	8,2 %
	Ciudad	10,2 %			

Fuente: Resultados encuesta elaborada en Sabana Verde II

Con el apoyo del equipo de estadística y a partir de la encuesta realizada se generaron cuatro grupos de los cuales se extrajeron tres perfiles de usuario, basados en los resultados logrados y teniendo en cuenta las características específicas de cada uno, las cuales fueron alcanzadas por medio de los diferentes segmentos de la encuesta. Características agrupadas según el nivel de relación a través de la metodología de Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) (Anexo 6.5).

- Perfil 1: La edad del usuario de este perfil oscila entre 30 y 40 años, con niveles de estudio alto (algunos cuentan con programas de posgrado), y aunque en la actualidad no reutilizan agua, muestran preocupación por la conservación del recurso y debido a esto podrían estar dispuestos a reutilizarla sin importar su procedencia, incluso aceptando ciertos niveles de olor y color, pero teniendo en cuenta que dichos sistemas de reutilización deben venir instalados en la casa o apartamento que decidan adquirir.
- Perfil 2: La edad de dichos individuos es mayor de 50 años y con nivel de estudios de secundaria completa. Aunque se puede decir que dichos individuos no invertirían en un sistema de reutilización, en el caso hipotético de hacerlo, no pagarían más de un millón de pesos extra por el sistema. También se puede decir que no están dispuestos a aceptar ningún nivel de olor o color en el agua reutilizada y que su principal motivación para reutilizar sería la búsqueda de reducción en el costo del precio de la factura.
- Perfil 3: El usuario de este perfil se encuentra en los rangos de edad entre 25 y 30 años y 45 y 50 años, con un nivel de estudios de pregrado completo. Actualmente reutilizan agua y estarían dispuestas a aceptar olores bajos y color medio. Una motivación importante es la búsqueda de la reducción del costo de la factura. Aunque aceptan el posible uso para el lavado de autos, dicen que no la usarían para la descarga de sanitarios.

3.4 VIABILIDAD

Basado en la bibliografía consultada y la encuesta realizada a los residentes del conjunto residencial Sabana Verde Etapa II, se determinan los factores de afectación predominantes ante la viabilidad en la instalación un sistema de tratamiento de aguas grises, partiendo de tres criterios predominantes: impacto ambiental, rentabilidad económica y aceptación social. Según los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada se determinaron una serie de factores dentro de los tres criterios establecidos, los cuales son abreviados con la letra inicial del nombre del criterio seguido del consecutivo alfabético, esto con el fin de ser fácilmente identificable en los diferentes análisis y matrices que serán sometidos en la metodología para toma de decisiones multicriterio ANP (Tabla 3-13).

En cada uno de los criterios, se establecieron cuatro factores; en el criterio AMBIENTAL se clasificaron los factores de afectación al medio ambiente al instalar un sistema de tratamiento ya fuera de forma positiva o negativa, los cuales son la AA-Reducción de agua potable, AB- Reducción volumen de agua residual vertida, AC-Aumento del consumo eléctrico y AD- Manejo de lodos residuales. En el criterio ECONÓMICO, se tuvieron en cuenta los aspectos a favor y en contra que pueden afectar financieramente la instalación del sistema, EA- Inversión inicial del sistema, EB-Gastos de mantenimiento y uso, EC-Tiempo de recuperación de la inversión y ED- Reducción en el pago de la factura del servicio de acueducto.

Finalmente, en criterio SOCIAL se incluyeron los factores con mayor relevancia por los que el usuario final aceptaría o rechazaría el tratamiento y reutilización de aguas grises, tales como: SA-Origen del agua (este factor referente a la proveniencia del agua a tratar dependiendo de la escala: vivienda, edificio, barrio/conjunto y ciudad), SB-Propiedades organolépticas del agua, SC-Actividades donde se pueda reutilizar el agua tratada y SD- Confort del sistema (este factor referente al diseño de las instalaciones en las redes de evacuación de aguas grises y suministro del agua tratada, y la afectación sobre la comodidad de los usuarios).

Tabla 3-13 Factores de afectación

cód.	AMBIENTAL	cód.	ECONOMICO	cód.	SOCIAL
AA	REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE	EA	INVERSIÓN DEL SISTEMA	SA	ORIGEN DEL AGUA (DOMESTICAS - ESCALA)
AB	REDUCCIÓN VOLUMEN AGUA RESIDUAL VERTIDA	EB	GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO	SB	PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA
AC	AUMENTO CONSUMO ELÉCTRICO	EC	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	SC	ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN
AD	MANEJO DE LODOS RESIDUALES	ED	REDUCCIÓN PAGO FACTURA	SD	CONFORT DEL SISTEMA (INST. INTERIOR DE LA VIVIENDA)

***Fuente:** Elaboración propia a partir de Resultados encuesta elaborada en Sabana Verde Etapa II y Antecedentes*

Una vez se identificaron los criterios y factores de afectación frente a la decisión de instalar un sistema de tratamiento de aguas grises y usando la metodología para toma de decisiones multicriterio ANP (*Analytic Networks Process*), fueron determinados los factores y alternativas, sobre la viabilidad de implementar o no el sistema mencionado.

Como primera etapa se realizó la supermatriz interfactorial la cual indica que factores tienen o no influencia en otro factor, ya sea del mismo o diferente criterio (**Tabla 3-14**). Para conocer la justificación de forma detallada en cuanto a las influencias mencionadas para cada uno de los factores se puede remitir al **Anexo 6.6**.

Una vez se obtuvo la supermatriz interfactorial, se continuó a realizar una matriz de comparación pareada por cada factor y alternativa (**Anexo 6.7**), con el fin de realizar la asignar un valor de dominancia según la **Tabla 2-9**. Posteriormente se hizo la ponderación de los valores asignados con el fin de que la sumatoria de cada columna sea igual a uno (1) y así promediar los valores de cada fila obteniendo el vector propio, lo que representa el porcentaje de influencia de cada factor sobre el factor de la matriz.

Tabla 3-14 Supermatriz interfactorial

		SI	NO	AA	AB	AC	AD	EA	EB	EC	ED	SA	SB	SC	SD
ALTE	SI	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	NO	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AMBIENTAL	AA	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	AB	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	AC	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
	AD	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
ECONÓMICO	EA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	EB	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
	EC	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	ED	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
SOCIAL	SA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
	SB	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
	SC	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
	SD	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

A manera de ejemplificar el proceso descrito anteriormente, se muestra la **Tabla 3-15** el factor del criterio económico EC- tiempo de recuperación de la inversión. En la matriz de comparación pareada para este factor se crea una columna y fila para los factores que tienen relación con EC, ya sean del mismo o diferente criterio, tales como SA, SC, SD...ED. Seguido a esto se asigna el valor de dominancia a cada factor, es así como a SA obtiene un

valor de 3 (Tabla 2-9.) al ser comparada con SD, por lo que SD tendrá un valor recíproco de 0.33, lo que indica que SA tiene mayor influencia para EC que SD.

Una vez se asignan todos los valores de dominancia en la matriz de comparación pareada esta es ponderada con el fin de obtener un vector propio VP que es el peso de la influencia que tienen los diferentes factores sobre EC, siendo para este caso el de mayor influencia EA (inversión del sistema) con un VP de 0.23 (23 %), seguido de ED (reducción pago de factura), lo que indica que el factor EC- tiempo de recuperación de la inversión, está influenciado principalmente por la inversión que deba realizar el usuario al adquirir el sistema para el tratamiento y la reducción del pago de la factura de servicio de acueducto.

Tabla 3-15 Matriz de comparación pareada, ponderación y valor propio para EC

COMPARACIÓN PAREADA										PONDERACIÓN									
EC	SA	SC	SD	AA	AC	AD	EA	EB	ED	SA	SC	SD	AA	AC	AD	EA	EB	ED	VP
SA	1,00	3,00	3,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,33	0,05	0,12	0,07	0,04	0,03	0,06	0,09	0,02	0,07	0,06
SC	0,33	1,00	3,00	0,33	0,33	5,00	0,20	0,20	0,20	0,02	0,04	0,07	0,04	0,05	0,10	0,05	0,01	0,04	0,05
SD	0,33	0,33	1,00	0,11	0,14	3,00	0,14	0,14	0,14	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,02
AA	3,00	3,00	9,00	1,00	1,00	9,00	0,33	3,00	0,33	0,16	0,12	0,20	0,11	0,14	0,18	0,09	0,22	0,07	0,14
AC	5,00	3,00	7,00	1,00	1,00	7,00	0,33	3,00	1,00	0,26	0,12	0,16	0,11	0,14	0,14	0,09	0,22	0,22	0,16
AD	0,33	0,20	0,33	0,11	0,14	1,00	0,14	0,14	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02
EA	3,00	5,00	7,00	3,00	3,00	7,00	1,00	3,00	1,00	0,16	0,20	0,16	0,33	0,42	0,14	0,26	0,22	0,22	0,23
EB	3,00	5,00	7,00	0,33	0,33	7,00	0,33	1,00	0,33	0,16	0,20	0,16	0,04	0,05	0,14	0,09	0,07	0,07	0,11
ED	3,00	5,00	7,00	3,00	1,00	9,00	1,00	3,00	1,00	0,16	0,20	0,16	0,33	0,14	0,18	0,26	0,22	0,22	0,21
Σ	19,0	25,5	44,3	9,2	7,2	51,0	3,8	13,8	4,5										

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Paso seguido, se verificó en todas las matrices de comparación pareada la proporción de consistencia para cada uno de los factores y alternativas, corroborando que esta fuera inferior a 0.1, lo que indica que la lógica de correlación tiene una desviación menor al 10%, en la Tabla 3-16, se presentan los valores obtenidos al aplicar la **Formula 2-1 Proporción de Consistencia** a cada una de matrices de comparación pareada, donde se evidencian desviaciones en promedio del 6% y siempre inferior a 10% por lo que según la metodología ANP, existe lógica entre los valores asignados.

Tabla 3-16 Proporción de consistencia

ALTERNATIVAS		AMBIENTAL				ECONÓMICO				SOCIAL			
SI	NO	AA	AB	AC	AD	EA	EB	EC	ED	SA	SB	SC	SD
0,08	0,07	0,06	0,07	0,05	0,08	0,01	0,09	0,09	0,09	0,07	0,04	0,07	0,04

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Una vez se ha verificado la proporción de consistencia de los diferentes factores y alternativas, se formó la supermatriz de comparación pareada (Tabla 3-17), que es una tabla global y resumida de la influencia entre factores y alternativas, la cual es medida por el VP que se obtuvo en cada matriz de comparación pareada y ponderada, es así como podemos ver en la supermatriz el VP del facto EC el cual tenía una influencia de EA de 0.23 (Tabla 3-15).

Tabla 3-17 Supermatriz de comparación pareada

		SI	NO	AA	AB	AC	AD	EA	EB	EC	ED	SA	SB	SC	SD
ALTER	SI	-	-	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	NO	-	-	0,50	0,50	0,50	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-
AMBIENTAL	AA	0,24	-	-	0,61	-	-	-	-	0,14	0,63	0,64	-	-	-
	AB	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	-	-	-
	AC	-	0,15	-	-	-	-	-	0,41	0,16	-	-	-	0,22	-
	AD	-	0,03	-	-	-	-	-	0,25	0,02	-	-	0,26	-	-
ECONÓMICO	EA	-	0,38	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-	0,63
	EB	-	0,24	-	-	0,59	0,72	-	-	0,11	-	-	0,63	-	0,26
	EC	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	-
	ED	0,36	-	0,38	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,22	-
SOCIAL	SA	0,11	0,07	0,36	0,08	0,10	0,19	0,67	0,14	0,06	-	-	-	0,04	-
	SB	-	0,09	0,15	0,19	-	-	-	0,09	-	0,12	0,07	-	0,46	-
	SC	0,06	-	0,08	0,08	0,26	0,08	0,24	0,07	0,05	0,06	-	-	-	0,11
	SD	0,18	-	0,03	0,04	0,05	-	0,09	0,04	0,02	-	-	0,11	0,06	-

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Con el fin de llevar a la supermatriz pareada a una supermatriz ponderada, la cual permitirá que se evalúe de forma porcentual, para lo cual se determinó que los criterios de afectación cada uno tenían la misma importancia, por lo que al sumar la columna de los criterios el resultado será igual a 1. Para las alternativas se asignó un valor de importancia del 50 % ya que solo se plantearon dos alternativas no compatibles entre sí (Tabla 3-18).

Tabla 3-18 Supematriz ponderada estocástica

		SI	NO	AA	AB	AC	AD	EA	EB	EC	ED	SA	SB	SC	SD
ALTER	SI	-	-	0,250	0,250	0,250	0,500	0,500	0,500	0,500	0,250	0,500	0,500	0,500	0,500
	NO	-	-	0,250	0,250	0,250	-	-	-	-	0,250	-	-	-	-
AMBIENTAL	AA	0,239	-	-	0,306	-	-	-	-	0,071	0,314	0,322	-	-	-
	AB	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,141	-	-	-
	AC	-	0,155	-	-	-	-	-	0,206	0,081	-	-	-	0,110	-
	AD	-	0,026	-	-	-	-	-	0,123	0,009	-	-	0,130	-	-
ECONÓMICO	EA	-	0,382	-	-	-	-	-	-	0,117	-	-	-	-	0,317
	EB	-	0,236	-	-	0,296	0,362	-	-	0,054	-	-	0,317	-	0,130
	EC	0,040	0,039	-	-	-	-	-	-	-	0,099	-	-	-	-
	ED	0,355	-	0,190	-	-	-	-	-	0,103	-	-	-	0,110	-
SOCIAL	SA	0,105	0,068	0,178	0,040	0,050	0,097	0,334	0,072	0,030	-	-	-	0,018	-
	SB	-	0,094	0,075	0,093	-	-	-	0,047	-	0,060	0,037	-	0,230	-
	SC	0,060	-	0,040	0,040	0,131	0,042	0,122	0,034	0,023	0,028	-	-	-	0,053
	SD	0,177	-	0,017	0,020	0,023	-	0,044	0,018	0,012	-	-	0,053	0,032	-

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Finalmente, la supermatriz ponderada se eleva a la potencia máxima, que se obtiene de multiplicar la supermatriz por si misma las veces que sean necesarias hasta lograr que todas las casillas de cada fila tengan el mismo valor. Este valor indica la influencia de cada factor sobre la pregunta planteada que para el caso representa la decisión de instalar o no un sistema para tratamiento de aguas grises y su posterior reutilización, para el caso de las alternativas el valor logrado indica el peso que tiene cada una frente a las otras, indicando que a mayor valor será la alternativa que mejor respuesta de a la pregunta formulada (Tabla 3-19).

Tabla 3-19 Supermatriz límite

		SI	NO	AA	AB	AC	AD	EA	EB	EC	ED	SA	SB	SC	SD
ALTER	SI	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257
	NO	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076	0,076
AMBIENTAL	AA	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134	0,134
	AB	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	AC	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	AD	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
ECONÓMICO	EA	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
	EB	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
	EC	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
	ED	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
SOCIAL	SA	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081
	SB	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
	SC	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
	SD	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Basado en los resultados obtenidos en la supermatriz límite se calculan los porcentajes de influencia del total de los factores, logrando conocer el porcentaje de influencia de los tres criterios evaluados; ambiental (29,1 %), económico (37,7 %) y social (33,2 %), esto evidencia que los tres criterios tienen proximidad de sus porcentajes, pero dando mayor valor de influencia al criterio económico, seguido del criterio social y finalizando con el criterio ambiental. Teniendo en cuenta que los factores de influencia de cada criterio fueron principalmente resultado de la encuesta realizada, se puede deducir que estos valores de importancia son reflejo de la opinión del grupo poblacional encuestado (Tabla 3-20).

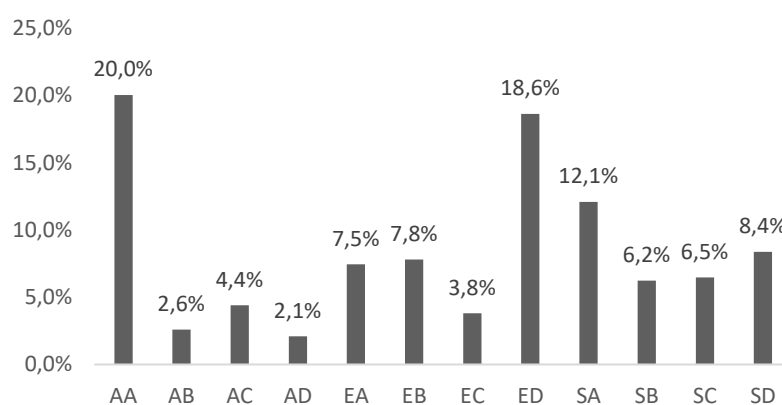
Tabla 3-20 Valor límite de factores

		VR/ LIMIT	PORCENTAJE
AMBIENTAL	AA Reducción del consumo de agua potable	0,134	20,0%
	AB Reducción volumen agua residual vertida	0,017	2,6 %
	AC Aumento consumo eléctrico	0,029	4,4 %
	AD Manejo de lodos residuales	0,014	2,1 %
ECONÓMICO	EA Inversión del sistema	0,050	7,5 %
	EB Gastos de mantenimiento y uso	0,052	7,8 %
	EC Tiempo de recuperación de inversión	0,025	3,8 %
	ED Reducción pago factura	0,124	18,6 %
SOCIAL	SA Origen del agua	0,081	12,1 %
	SB Propiedades organolépticas del agua	0,042	6,2 %
	SC Actividades para reutilización	0,043	6,5 %
	SD Confort del sistema	0,056	8,4 %

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Dentro de los resultados obtenidos el factor AA (Reducción del consumo de agua potable) del criterio ambiental es el de mayor influencia con un valor 20 % (Gráfica 3-5), teniendo en cuenta que son doce factores es una cifra alta lograda por un solo factor. Esto puede deberse a la alta correlación que tiene con los otros factores tanto del mismo criterio como de los otros dos, entendiendo que el principal objetivo al implementar un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises es la reducción en el consumo de agua potable, lo que afecta de forma directa los aspectos económicos por la disminución del pago, ambientales por la reducción de un recurso natural finito y social por el impacto que genera cualquier cambio cultura de la población.

Gráfica 3-5 Porcentaje de influencia de factores



Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

Ante la pregunta sobre la viabilidad en la instalación del sistema mencionado se contemplaron dos alternativas; SI y NO, para las cuales se obtuvo como resultado un 77,2 % para SI y 22,8% para NO (Tabla 3-21), según la metodología para toma de decisiones multicriterio (ANP) la alternativa con mayor porcentaje es la que representa la mejor decisión ante la pregunta planteada, alternativa que está relacionada directamente con los factores de afectación, tanto en ventajas como desventajas principalmente con la mirada del usuario, quien será quien tome la decisión finalmente.

Tabla 3-21 Valor límite de alternativas

ALTERNATIVA	VR/ LIMIT		PORCENTAJE
	SI	0,257	77,2 %
	NO	0,076	22,8 %

Fuente: Elaboración propia basado en la metodología ANP

4. CONCLUSIONES

Factor Económico

Uno de los criterios determinantes de la sostenibilidad en las tecnologías para la utilización de recurso hídricos alternativos a nivel residencial, es el factor económico, clave en cuanto a la motivación para el usuario final de implementar o no una medida, ya que el usuario final deberá asumir la responsabilidad del consumo y ahorro que este pueda implicar.

Parte de la responsabilidad recae en las constructoras ya que la instalación de las redes adicionales requeridas para el transporte tanto de las aguas grises como las aguas tratadas no representaran un incremento superior al 2% del costo de la construcción, por lo estos sistemas deben ser incorporados desde el diseño y así no generar un valor adicional que usualmente debe asumir el usuario cuando.

Las tecnologías ofrecidas en el mercado como los sistemas de PRFV para el tratamiento de aguas grises, ofrecen una rentabilidad a mediano plazo recuperando la inversión inicial, ya que permiten un ahorro en el consumo de agua potable y su directa facturación, haciendo uso de una fuente alterna como lo son las aguas grises que no implica un valor monetario adicional ya que era un material que se venía desechando.

Adicional presentando la ventaja que es un sistema que puede ser financiado por más usuarios, y según lo observado en los edificios planteados para cada una de las plantas, se pudo deducir que a mayor número de usuarios del sistema menor será la inversión, donde la inversión inicial únicamente de la planta no superará \$2.000.000 por cada unidad habitacional, esto contemplado para ejercicio que mostro la más alta inversión por usuario.

El caso propuesto para el edificio 1 de la planta No 2, el cual tiene el mayor valor de inversión por usuario, logra aun un porcentaje positivo, lo que indica se recuperará la inversión antes de finalizar el tiempo de vida útil del sistema PRFV (en el año No. 19), y tendrá una rentabilidad del 5 % lograda en año No. 20, a partir de la comparación realizada

Este tipo de sistemas tiene la ventaja que se muestra como una inversión y no como un gasto, donde el usuario sabe que ese valor agregado valoriza el predio, permite la recuperación de la inversión en un periodo no mayor de cinco años, lo que lo hace altamente rentable y posible de ser subsidiado por cada vivienda.

En los resultados obtenidos al comparar las tarifas de las diferentes plantas de tratamiento se evidencio grandes diferencias en cuanto a costos que radican esencialmente en el nivel de calidad del agua tratada que el usuario desea reutilizar, aun cuando se presenta como una inversión finalmente el usuario es el que decide el tipo de ganancia desea obtener, ya sea económica o de un producto con mayor calidad para su vivienda.

Factor Ambiental

Este criterio es sin duda uno de los más importantes en cuanto a sostenibilidad, teniendo en cuenta que el origen de la problemática en escasez de agua y sequias radica en los cambios ambientales que se están presentando en su mayoría por causa de las actividades humanas, crecimiento poblacional y dinámicas de consumo. Por esta razón al mencionar el uso de fuentes hídricas alternativas abre la posibilidad de solucionar la situación que se está presentando.

Según se pudo observar en los resultados, a pesar del consumo energético que requiere el funcionamiento de las plantas de tratamiento y las emisiones de CO₂ que esto implica, este es menor al consumo y emisiones que se generan por el tratamiento y distribución del agua potable.

Parte de los cálculos realizados indicaron que aproximadamente se podría disminuir 122.760 kg CO₂eq si los suscriptores del conjunto residencial Sabana Verde II usaran una planta de tratamiento y reutilización de aguas grises por un periodo de 20 años, teniendo en cuenta que estos suscriptores representan menos de 0,04 % de los suscriptores de estrato tres reportados en Bogotá para el primer semestre de 2016, donde se registraron un total de 547.214 suscriptores (Sistema Único de Información de Servicios Públicos, 2016), se podría estimar que el impacto ambiental positivo seria proporcional al aumento de la incorporación de estos sistemas de tratamiento en las viviendas.

Factor Social

Cada uno de los criterios es fundamental y están correlacionados entre sí, pero es el usuario final el que determinará si se lleva a cabo o no el funcionamiento de algún sistema para el uso de una fuente alternativa a las convencionales, aun cuando esté financiado por alguna entidad pública o privada se aseguró la calidad tanto del agua y el impacto positivo que tendrá con el medio ambiente; si el usuario lo rechaza el proyecto fracasara. Por esta razón, como se mencionó, es de vital importancia la participación de la comunidad desde la planeación así la ejecución podrá tener una gran probabilidad de éxito; se necesitan estrategias de comunicación que permitan informar y educar a la población, tanto de las ventajas como desventajas que puede traer el uso de este tipo de tecnologías, pero sobre todo

de las aguas tratadas, que le permitirá decidir conscientemente y no impulsado por los miedos, sentimientos o comportamientos de la sociedad que le rodea.

Respecto a la aceptación social del sistema propuesto para el tratamiento de aguas grises para su posterior reutilización, la población encuestada mostro en general una tendencia a aceptar el sistema con las condicionantes de ciertas características, principalmente sobre las propiedades físicas del agua tratada. Las actividades para las cuales los encuestados están de acuerdo se utilice el agua tratada son la descarga de aparatos sanitarios, lavado de carro y limpieza de calles, ya que son las actividades de menor contacto. Existe diferencia de opinión de los encuestados dependiendo de su nivel educativo, donde a mayor conocimiento menor el temor de la incorporación de nuevas tecnologías. En relación con el criterio económico las personas mostraron un interés por invertir en un sistema cuya inversión fuera menor de \$2.000.000. Muy pocos están dispuestos a invertir en un valor mayor a esta cantidad.

Con respecto a las tecnologías analizadas se observa que aun cuando ya el mercado las ofrece de manera clara, con lenguaje entendible para las personas del común, las facilidades de transporte, instalación y mantenimiento no es difundida de forma masiva y por simple desconocimiento este tipo de sistemas no han sido asimilados por la población en general.

Viabilidad

A través de la metodología para toma de decisiones multicriterio ANP, se obtuvo como viable a la opción de SI a la viabilidad en la implementación del sistema para el tratamiento y reutilización de aguas grises para vivienda, teniendo en cuenta que esta alternativa esta soportada por el análisis que se realizó a los diferentes factores de afectación de los tres criterios, por lo cual es necesario conocer la importancia que representan, unos más que otros como lo son la reducción en el pago de la factura de acueducto (18,6 %), el origen del agua a tratar (12,1 %), los gastos de mantenimiento (7,8 %) y las propiedades organolépticas del agua tratada (6,2 %), pero que finalmente y según el seguimiento que se les dé podrán soporta la viabilidad calculada.

5. BIBLIOGRAFÍA

- AEAS-AGA. (2013). *Estudio AEAS-AGA 2013 - El agua en España*. Madrid.
- AEAS-AGA. (2014). *XIII Encuesta de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España*. Madrid.
- AEMA. (2010). *Los recursos de agua en Europa: cómo hacer frente a la escasez de agua y la sequía*. Copenhagen: Version en español- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Albiol Omella, C., & Agulló Amorós, F. (2014). *LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN ESPAÑA: CAUSAS Y TENDENCIAS*. Madrid.
- Alcalde Sanz, L. (2012). Evaluación y Gestión del Riesgo Asociado a la Reutilización de Aguas Residuales. *Tesis Doctoral Universidad de Barcelona*.
- Antón, D., & Diaz Delgado, C. (2000). *Sequía en un mundo de agua*. San Jose: Piriguazú ediciones y CIRA-UAEM.
- AQUA ESPAÑA. (2011). *Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios*. Barcelona: Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas.
- AQUA ESPAÑA. (2011). *Guía Técnica Española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. Barcelona: Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas.
- Ardila Galvis, M. (2013). *VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS*. Bogotá: Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
- Arriaza Balmón, M. (2006). *Guía Práctica de Análisis de Datos*. España: Instituto Andaluz de Investigacion y Formacion Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción.
- Artunduaga, S., & Alfonso, O. (09 de 2006). HUMEDAR I: alternativa innovadora de bajo costo para depurar aguas residuales en países en vía de desarrollo. *Revista Ambiental, agua, aire y suelo, Vol.1*, 84-96. Obtenido de <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/74/16.htm>

-
- Asano, T. (2001). Water from Water: Closing the Cycle. *Stochholm Water Front Apr. 1*, 4-6.
- Asano, T. (05 de 10 de 2011). "Beberemos y desbeberemos la misma agua mil veces". (V. Amela, I. Sanchis, & A. Lluís, Entrevistadores)
- Asano, T., & Levine, A. D. (1998). *Wastewater reclamation and reuse: an introduction. In wastewater reclamation and reuse Edited by Takashi Asano*. Lancaster: Technomic Publishing.
- CAR, C. A. (2000). Plan de trabajo para la ejecución final de los préstamos 616/OC-CO y 852/SF-CO.
- CENTA . (2008). Manual de Depuración de aguas Residuales Urbanas. Sevilla: Alianza por el Agua.
- Clerico, E. A. (2010). *Water Sustainability and International Innovation*. Massachusetts: Coalition for Alternative Wastewater Treatment. Obtenido de Water sustainability and international innovation I.
- Comisión 5 AEAS . (2011). Manual de Buenas Prácticas de uso de Aguas Regeneradas. Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento .
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2007). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo: Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea*. Bruselas: Unión Europea.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (Agosto de 2010). Escasez de agua y sequía en la Unión Europea. Unión Europea.
- CONAMA 9. (2008). *9º Congreso Nacional del Medio Ambiente Cumbre del Desarrollo Sostenible*. Madrid: Fundación CONAMA.
- Congreso de Colombia, C. (6 de Junio de 1997). LEY 373 DE 1997. Bogotá, Colombia.
- Consejería de Agricultura y Agua-Región de Murcia. (Noviembre de 2015). *Fomento del Medio Ambiente y lucha frente al Cambio Climático*. Obtenido de <http://www.ecorresponsabilidad.es/fichas/agua.htm>
- Construdata. (2016). *Construdata Vo. 177*. Bogotá: Legis.
- DANE. (2016). *Censo de edificaciones 1 trimestre* . Bogotá.
- De Bustamante, I., Cabrera, M., Candela, L., Lillo, J., & Palacios, M. (2010). La reutilización de aguas regeneradas en España: ejemplos de aplicación en el marco del proyecto CONSOLIDER-TRAGUA. *Aqua-LAC*, 1-17.

- Delgado, L., Poussade, Y., & Aguilló, P. (2012). Huella de carbono de la regeneración de agua. *Tecnología del agua No 32*, 42-49.
- Departamento Nacional de Planeación, L. g. (2016). *Informe valor metro cuadrado Bogotá*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación; La Guía Fincaraíz. (2016). *Informe valor metro cuadro Bogotá 1º Trimestre*. Bogotá.
- Díaz Cepeda, B. D., & Velásquez Camacho, L. F. (Julio-Diciembre de 2015). Análisis de captura de carbono en seis especies forestales nativas (3 esciofitas-3 heliofitas) plantadas con fines de restauración en el Parque Ecológico La Poma (PEP) - sabana de Bogotá – Colombia. *MUTIS*, 5 (2), 46-54.
- DNP, D. N. (28 de 01 de 2016). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/%E2%80%9CHay-que-castigar-el-desperdicio-de-agua%E2%80%9D-Sim%C3%B3n-Gaviria-Mu%C3%B1oz.aspx>
- Domene Gomez, E., Saurí Pujol, D., Martí Ragué, X., Molina Vila, J., & Huelin, S. (2009). Tipologías de vivienda y consumo de agua en la región metropolitana de Barcelona .
- EL ESPECTADOR. (25 de 09 de 2008). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/impreso/negocios/articuloimpreso-colombia-solo-trata-9-de-sus-aguas-residuales>
- El Tiempo. (02 de Marzo de 2005). *El Tiempo*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1638213>
- El Tiempo. (05 de 06 de 2010). Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7740549>
- El Tiempo. (2012). *El tiempo*. Obtenido de Cuatro años para salvar el agua de Bogotá: http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/
- España, Real Decreto 1620/2007 (Por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.).
- Estrada Villa, G. R., & Taborda Giraldo, J. A. (2010). INNOVACIÓN TECNOLÓGICA vs. DESARROLLO SOSTENIBLE: UNA MIRADA CRÍTICA A LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA Y SUS POSIBLES SOLUCIONES. Bogotá.
- FAO. (Septiembre de 2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Obtenido de Total water withdrawal per capita: <http://www.fao.org/>
- FAO. (Septiembre de 2015). *Food and Agriculture Organization of the United Nations* . Obtenido de <http://www.fao.org/>

-
- Friedler, E. (2004). Quaility of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities . *Environmental Technology Vol. 25*, 997-1008.
- Friedler, E., & Galil, N. (2005). On-site greywater treatment and reuse in multi-storey buildings. *Water Science & Technology Vol 51 No 10*, 187-194.
- Friedler, E., Lahav, O., Jizhaki, H., & Lahav, T. (2006). Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. *Journal of Environmental Management 81*, 360-370.
- Grupo Crispa. (2015). *Centro Empresarial Elemento*. Obtenido de <http://www.grupocrispa.com/>
- GWP. (Marzo de 2015). Global Water Partnership. Obtenido de <http://www.gwp.org/>
- Hartley, T. W. (2006). Public perception and participation in water reuse. *Desalination 187*, 115-126.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación 5ta Edición*. McGrawHill.
- Hernandez, B. C., & Diaz, L. F. (2014). SISTEMAS DE RECICLAJE DE AGUAS GRISES, COMO ALTERNATIVA DE COMERCIALIZACION EN LA CIUDAD DE BOGOTA. *Monografía presentada como requisito para optar por el título de: MAGISTER EN ADMINISTRACION*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Huertas , R., & Carlos , M. (2013). Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. España: Confederación Hidrográfica del Duero (CHD).
- INE. (2008). *Estadísticas e indicadores del agua*.
- INE. (2015). *Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua 2013*.
- Inviarco S.A.S. (2013). *Cuaderno Verde*. Obtenido de <http://computerworld.co/imagenes/cuadernoverde2013.pdf>
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., & Judd, S. (2004). Grey water characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology Vol 50 No 2*, 157-164.
- Jiménez Castillo, L. A., Herrera Valbuena, F., & Gacha Gonzales, L. E. (Junio de 2016). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA CONJUNTOS RESIDENCIALES NUEVOS, TIPO TORRE DE ESTRATOS 4, 5 Y 6 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.
- Levine, A. D., & Asano, T. (2004). Recovering Sustainable Water for Wastewater . *Environment Science & Technology* , 201A-208A.

- Li, F., Wichmann, K., & Otterpohl, R. (2009). Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. *The Science of the total environment*, vol. 407, 3439-49.
- López, J. &. (2011). Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander .
- Martínez, Á. (2006). Estudio de factibilidad de la implantación de uno o más dispositivos ya existentes en el mercado español, cuyo objetivo es reutilizar las aguas grises generadas por uso doméstico contribuyendo en la preservación del recurso hídrico en la ciudad de Bogotá. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Mejía, F. J., Isaza, P. A., Aguirre, S., & Saldarriaga, C. A. (2004). Reutilización de aguas. Armenia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (25 de 07 de 2014). Resolución 1207 DE 2014.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de 03 de 2015). Resolución 0631 de 2015. *Norma de Vertimientos Puntuales a Cuerpos de Aguas Superficiales y a los Sistemas de Alcantarillado Público*. Colombia.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (Junio de 2004). PLAN NACIONAL DE MANEJOS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DE COLOMBIA. Bogota, Colombia.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (17 de 11 de 2000). Ras-2000 Título E. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico*. Colombia.
- Ministerio de Fomento. (2013). *Atlas de la Edificación Residencial en España; Metodología, contenidos y créditos*. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2007). *Precios y costes de los Servicios del Agua en España*. Madrid: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*. Madrid.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (08 de 06 de 2017). Resolución 0330.
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (12 de 06 de 2015). Decreto 1285. Colombia.
- Mujeriego, R. (29 de 05 de 2015). Reutilización Potable Directa en Namibia: Pasado y futuro. Obtenido de <http://www.iagua.es/blogs/rafael-mujeriego/reutilizacion-potable-directa-namibia-pasado-y-futuro>

-
- Pacheco Rodríguez, R. (2003). XIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y Técnica. *La educación, la cultura científico-tecnológica y el aprovechamiento sustentable del recurso agua: una estrategia de divulgación*. Tabasco.
- Penn, R., Hadari, M., & Friedler, E. (2012). Evaluation of the effects of greywater reuse on domestic wastewater quality and quantity. *Urban Water Journal* Vol. 9, No. 3, 137–148.
- Penn, R., Schütze, M., & Friedler, E. (2013). Modelling the effects of on-site greywater reuse and low flush toilets on municipal sewer systems. *Journal of Environmental Management* 114, 72-83.
- Pidou, M., Ali Memon, F., Stephenson, T., Jefferson, B., & Jeffrey, P. (2007). Greywater recycling: A review of treatment options and applications. *Institution of Civil Engineers. Proceedings. Engineering Sustainability* Vol. 160, 119-131.
- Po, M., D. Kaercher, J., & E. Nancarrow, B. (2013). *Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse*. Australia: CSIRO.
- Portafolio. (21 de 06 de 2017). *Portafolio*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/asi-produce-bavaria-las-cervezas-que-usted-toma-507020>
- Portafolio, R. (10 de 02 de 2017). *Revista Portafolio*. Obtenido de Revista Portafolio: <http://www.portafolio.co/economia/en-que-gastan-los-colombianos-503308>
- Posada, C., Domínguez, E., Rivera, H., & Vanegas, R. (2005). El índice de escasez de agua ¿ Un indicador de crisis ó una alerta para la orientar la gestión del recurso hídrico? *Revista de Ingeniería* 22 - Universidad de los Andes, 104-111.
- Rozin, P., Haddad, B., Nemeroff, C., & Slo, P. (Enero de 2015). Psychological aspects of the rejection of recycled water: Contamination, purification and disgust. *Judgment and Decision Making*, Vol. 10, No. 1, 50-63.
- Rozin, P., Haddad, B., Nemeroff, C., & Slovic, P. (2015). Psychological aspects of the rejection of recycled water: Contamination, purification and disgust. *Judgment and Decision Making*, Vol. 10, No. 1, 50-63.
- Rueda Palenzuela, S. (2009). Libro Verde de Medio Ambiente Urbano Tomo II. En M. R.-A. Ministerio de Medio Ambiente, III. *El Libro Verde del Medio Ambiente Urbano en el ámbito del agua* (págs. 35-68). Barcelona: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.
- Saaty, T. (1999). Fundamentals of the analytic networks process. *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, (págs. 1-14). Kobe.

- Saaty, T., & Vargas, L. (2006). *DECISION MAKING WITH THE ANALYTIC NETWORK PROCESS*. Pittsburgh: Springer Science+Business Media.
- Saaty, T., & Vargas, L. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: Springer Science+Business Media New York.
- Salas Rodríguez, J. J., Pidre Bocardo, J. R., & Cuenca Fernández, I. (2007). *Manual de Tecnologías no Convencionales para la Depuración de Aguas Residuales*. Sevilla: CENTA.
- Seattle Public Utilities Utility Systems Management Branch. (Febrero de 2008). *Onsite Wastewater Treatment Systems: A Technical Review*. Obtenido de <http://www.paladinoandco.com/wp-content/uploads/2012/11/OnsiteWastewaterTreatmentSystemsTechnicalReview.pdf>
- SHIM, J. K. (1990). *Contabilidad Administrativa*. Bogotá: MCGRAW-HILL.
- Sierra, J. (2007). *Tratamiento y reutilización de aguas grises en proyectos de vivienda de interés social a partir de humedales artificiales*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos. (10 de 2016). *Sistema Único de Información de Servicios Públicos*. Obtenido de www.sui.gov.co
- Superservicios, S. d. (2015). *Informe Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*. Bogotá.
- SWITCH. (2011). *On-site wastewater site wastewater*. Obtenido de http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/WP4_BRN_Onsite_wastewater_treatment_recycling_reuse.pdf
- Sydney Water. (1999). *Community views on re-cycled water*. Sydney.
- Thibodeau, F. M. (2011). Economic viability and critical influencing factors assessment of black water and grey water source-separation sanitation system. *Water Science & Technology*.
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., & Schertenleib, R. (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*.
- Tovar, L. (2006). *Viabilidad de la reutilización de aguas grises en multifamiliares*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin, F. d. (27 de 07 de 2016). *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin Facultad de Minas*. Obtenido de <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/764-sara-el-proyecto-que-busca-reutilizar-las-aguas-grises>
- Wegner-Gwidt, J. (1998). *Public support and education for water reuse*.
- WWAP. (2015). *Facing the Challenges. Case Studies and Indicators*. Paris: UNESCO.

WWAP. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO.

Yamagata, H., Ogoshi, M., Suzuki, Y., Ozaki, M., & Asano, T. (2002). On-site water recycling systems in Japan. *Water Science and Technology: Water Supply* 3(3), 149-154.

6. ANEXOS

6.1 Base de datos empresas comercializadoras plantas o sistemas para tratamiento de aguas residuales, oferta comercial y fichas técnica de los sistemas compactos.

6.2 Reseña básica barrial del conjunto Residencial Sabana Verde II.

6.3 Formulario de encuesta realizada al conjunto Residencial Sabana Verde II

6.4 Resumen por intensidad de respuesta encuesta realizada al conjunto Residencial Sabana Verde II

6.5 Análisis de la encuesta realizado por el Departamento de Estadística.

6.6 Análisis de influencia entre factores según metodología para toma de decisiones multicriterio ANP

6.7 Comparación Pareada y Ponderación entre factores según metodología para toma de decisiones multicriterio ANP

EMPRESA	WEBSITE	CIUDAD	TELEFONO	DIRECCION	CORREO ELECTRONICO
PTAS LTDA	http://www.ptaslt.com/	BOGOTA	Teléfono: (1) 320 2367 PBX: 609 1029 Ext. 160 - 161 Móvil: 310 559 5947	Cra 19 #44 – 27 Oficina 205	proyectos1@ptaslt.com produccion@ptaslt.com
ACUATECNICA	http://acuatecnica.com/	BOGOTA	PBX: (57 - 1) 405 6655 FAX: (571) 2696826	Calle 17 No. 43 - 95	info@acuatecnica.com
AGUACOL	http://www.aguacol.com/	BOGOTA	+57-1-4155868, +57-1-4182870 Fax: +57-1-4211786 Número de teléfono mobil: +57-3107648356	Calle 14 A # 123- 60 (Fontibón)	aguacol@aguacol.com
NyF DE COLOMBIA	http://www.nyfdecolombia.com/	BARRANQUILLA	PBX: (57-5) 379 95 95 - 372 25 55 Cel: (5) 301 317 90 17 - 312 254 51 59	Calle 44 No. 46 – 155	info@nyfdecolombia.com
Procesos y Tratamientos de Colombia	http://procesosytratamientosdecolombia.com	BOYACA	6947099 3105640889 3142608680 3113490728	Nobsa	Info@procesosytratamientosdecolombia.com
Ecolo Systems Colombia	http://ecolo-systemscol.com/	BOGOTA	(57+1) 811 98 73 - 812 21 84 Celulares 312 450 6581 / 310 296 3449	Cra. 25 No. 70 - 53	sronon@ecolo-systems.com gchahin@ecolo-systems.com
Hidroconsulting	http://www.hidroconsulting.com.co/	BOGOTA	Tel: (571) 346 31 44	Cra 31a No. 11 – 64	info@hidroconsulting.com.co
Fibras y Normas de Colombia	https://www.fibrasynormasdecolombia.com	BUCCARAMANGA	(57) 310 478 6458, (57) 318 371 3584 (57-7) 6717996, (57-7) 6981657 Whatsapp: +57 310 478 6458	Calle 19 # 16-56	info@fyndecolombia.com
Ambiente y Soluciones Ambientales	http://tratamientodeaguas.com.co/	BOGOTA	2953098 - 3208398553	Calle 49 No 71-63	asi@tratamientodeaguas.com.co
Aquaoriente	http://www.aquaoriente.com/	BOGOTA	57 + 1 + 646 9635 57 + 310 3451220	Cra. 19A # 90 - 13 Oficina 304	comercial@aquaoriente.com
Acuameunier	http://acuameunier.com/	BOGOTA	PBX (571) 6560638 CEL: (571) 3153352983	Calle 93 No. 18-28 of 601	info@acuameunier.com
Gim Ltda	http://www.gimltda.com/	BOGOTA	Teléfonos: 5634568-6381061 — Móvil: 3103334632,3203047406	Calle 39A Sur NRO.73c-29	gerencia@gimltda.com; ingenieria@gimltda.com; ventas@gimltda.com
Acuameunier S.A.S.	www.acuameunier.com	BOGOTA	PBX (571) 466 1398	Calle 94 No. 15-32 of 701	info@acuameunier.com
Abengoa	www.abengoa.com	BOGOTA	Tels: (+57-1) 7420686 Fax: (+57-1) 7470755	Cra 12 A # 77-41 Piso 7	felipe.camargo@abengoa.com.co
Acciona	www.acciona.es	BOGOTA	Tel: 6230233 – 6233181	Cra 13 No 97-76 Ofc 302	jorgeandres.diaz.salazar@acciona.com oscar.perez.munavar@acciona.com
Acuatecnica	www.acuatecnica.com	BOGOTA	Tels: 4056655 - Fax: 2696826	Calle 17 No.43-95	info@acuatecnica.com gerencia@acuatecnica.com
Alzogroup	www.alzogroup.com	BOGOTA	Tel: (57+1) 6757246 Cel: 3144451819	Av 19 N° 118-30 Ofc 608 Ed Centro de Negocios	wilson.gonzalez@alzogroup.com comercial@alzogroup.com contacto@alzogroup.com

Aquacolombia	www.aquacolombia.com	BOGOTA	Tel: 3108046 - 2509181 - 3108040 Cel: 3202739408 - 3114051788 - 3118482089 Cel: 3153735758	Cra 28B No. 76-37	agua_colombia@yahoo.es
Cdmsmith	www.cdmsmith.com	BOGOTA	Tel: 7561239	Calle 72 No.7-64/82. Of 901	abelsj@cdmsmith.com
Dam Aguas	www.dam-aguas.es	BOGOTA	Tel: + 5716161435 – 3576078 Cel: (57)3166353483 Cel: (57) 3157166263 Cel: (57) 3143589690 Cel: (57) 3152080590	Calle 93 # 15-51 oficina 106	alejandro.camarasa@dam-aguas.es Francy.osma@dam-aguas.es Luisafernanda.gomez@dam-aguas.es Paola.angarita@dam-aguas.es
Ecolo-systems	www.ecolo-systems.com	BOGOTA	Tel: 8119873 Cel: 3102963449	Cra 25 No. 70 - 53	gchahin@ecolo-systems.com
Depurar	www.depurar.com.co	BOGOTA	Tel: 2603244 - 4461354- 3111109 Cel: 3102720505 - 3108781637	Cra 53 F N° 5C-03 CII 93B N°19-57 ofc 401	info@depurar.com.co orlando.rodriguez@depurar.com.co juan.pineros@depurar.com.co
Egestec	www.egestec.com	BOGOTA	Tel.:7431783	Oficina: Cr. 15 N° 91 – 30 Piso 4°	info@egestec.com egestec@egestec.com
eci	www.eci.co	BOGOTA	Tel: +57(1) 327 5151 – 745 7474	Calle 23 No. 116-31 Parque Industrial PUERTO CENTRAL Piso 4 – Bodega 32 / 33	gerencia@eci.com.co , ecisales@eci.com.co
hydrochem	www.hydrochem.com.co	BOGOTA	Tel: 805 9252	Calle 23 #74B-04	hgil@hydrochem.com.co
ffsoluciones	www.ffsoluciones.com	BOGOTA	Tels: 3600400 – 2010200 Fax: 2014370	Carrera 25 # 18 - 23 / 27	ivanbuitragoleon@yahoo.com servicioalcliente@ffsoluciones.com
hidrosan	www.hidrosan.cl	BOGOTA	Celular: 3134118698 Tel: 6100171 - 6213587	Calle 103 No. 15-60 Dirección: Autopista Medellin Kilometro 1.3 Vía Parcelas de Siberia – Conjunto de Bodegas AEPI Bodega 3A	marcelo.catalan@hidroproyectos.com.co diana.enciso@hidrosan.cl
independence	www.independence.com.co	BOGOTA	Tel: (571) 5875333	Calle 100 N° 7-33 Torre 1 - Piso 19	infowater@independence.com.co
ramguz	www.ramguz.com.co	BOGOTA	PBX: 3099333	Cra 55 B No. 79 B – 40 Barrio Gaitán	jramirez@ramguz.com.co gerencia@ramguz.com.co
saelda	www.saelda.com	BOGOTA	Tel: (571) 6241500 Fax: (571) 6247427	Calle 102A No 70B-13. Barrio Santa Rosa norte,	esuarez@saelda.com rvelasquez@saelda.com
Eduardoño	http://www.eduardono.com/	BOGOTA	Teléfono: (1) 390 40 42	Calle 198 # 22 - 81	cgomez@eduardono.com
Agroaguas	http://www.agroaguas.com/	MEDELLIN	Línea gratuita nacional: 01 8000 520688 Teléfono: (4) 448 06 13 Celular: 321 782 69 92	Carrera 48 #48 sur 75 Bg 139	agroaguas@agroaguas.com
Grupo Aqua	http://www.grupoaqualatam.com/	MEDELLIN	Tel: (+57) 4 448 82 24	Transversal 7a #30-224 Interior 130	ventas@grupoaqualatam.com
Hidrosfera S.A.	http://www.hidrosferasa.com/	BOGOTA	Tel: +57(1)-346-1127	Cra 4 A No. 58-85 · Of. 102 ·	contacto@hidrosferasa.com
Acuacare	https://www.acuacare.com/	BOGOTA	PBX: (571) 6205455	Calle 109 No. 19B-11	info@acuacare.com
Tecca	http://www.tecca.com.co	BOGOTA	PBX: (571) 745 6600	Carrera 44 # 20C-96	info@tecca.com.co
Aquages	http://www.aquages.com/	GUASCA	(+57 1) 8747321	CENTRO COMERCIAL Y EMPRESARIAL POTOSI LC 102	admon@aquages.com
Edarvico S.A.	http://www.edarvico.com	CALI	PBX: +57 2 4865630	Calle 19 No. 1 - 41	ventas@edarvico.com
Ingetecsacol	http://www.ingetecsacol.com/	BOGOTA	(1) 703 11 13 - 703 11 09	CRA. 24 No.23-40	gerencia@ingetecsacol.com
Tecnología industrial de aguas Ltda.	http://tecnologiaindustrialdeaguas.com	BOGOTA	Teléfono +57(1) 630 30 36	Carrera 28 B # 71C-34	tecaguas@outlook.com
Sisma Ltda.	http://www.simsa.co/	MEDELLIN	Telefonos:(4) 444 15 81 (57) 311 339 85 59	Calle 19 # 52 -141	info@simsa.co



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA
NIT: 900.153.578-6

Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

Bogotá D.C Octubre 10 de 2016

COT: J.M 00526-16

SEÑORES

ESCAL ARQUITECTOS-DESING

Atn: Arq. Robert Nieto Jimenez

Gerente de Proyecto

escala.arquitectos.col@gmail.com

Tel: +57 (1) 5308552-3044064464

Dir: Cra 18 No 86a-80 of 202

Bogotá, Colombia

Respetado Arquitecto:

Muy cordialmente **aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda.** Somete a su consideración la propuesta técnico – económica para el Diseño, Suministro, Montaje y Puesta en Marcha de **TRES SISTEMAS COMPACTOS, AUTOMÁTICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES, POR LODOS ACTIVADOS CON RETORNO DE LODOS TIPO AIR LIFT – AQUAPAC GRIS -FABRICADOS EN POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V)** Con destino a tratar las aguas residuales grises producidas por tres torres de apartamentos pertenecientes al proyecto habitacional **SABANA CENTRAL** ubicado en el municipio de Engativá-Cundinamarca.

Sin otro particular y en espera de sus gratas noticias.

Atentamente,

ING. YANETH MARTINEZ M

Móvil: 310 3451220

Fijo: (571) 64649635

[e-mail:ymartinez@aquaorientecol.com](mailto:ymartinez@aquaorientecol.com)

www.aquaorientecol.com

www.aquaorientecol.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

Contenido de la Propuesta

SECCION

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO.....	1
MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA.....	2
PRECIOS.....	3
TÉRMINOS COMERCIALES.....	4
SERVICIOS.....	5
EXPERIENCIA.....	6



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA

NIT: 900.153.578-6

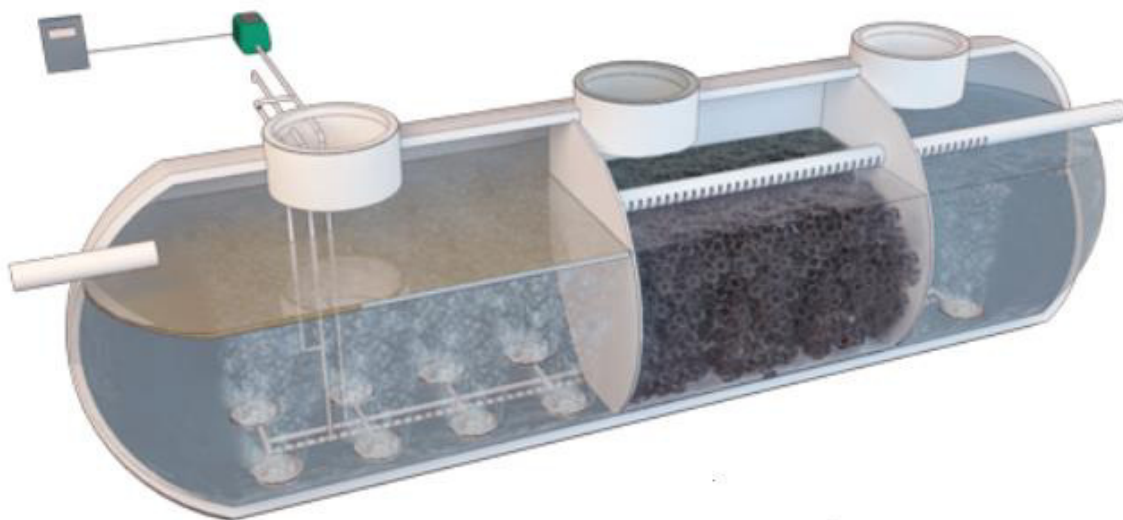
Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

SISTEMA COMPACTO, AUTOMÁTICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES POR Lodos Activados con Retorno de Lodos Air Lift –“AQUAPAC”



SECCIÓN 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA



www.aquaorientes.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

SISTEMA COMPACTO, AUTOMÁTICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES LODOS ACTIVADOS CON RETORNO DE LODOS TIPO AIR LIFT –AQUAPAC-

La planta para tratamiento de aguas grises **AQUAPAC** es un sistema compacto que se desarrolla en un único tanque cilíndrico horizontal especialmente diseñado para atender las aguas domésticas provenientes de duchas bañeras y lavamanos basándose en la degradación biológica de la DBO₅ efectuada mediante la inyección de aire a través de un aireador, que toma aire de la atmósfera. Este aireador suministrara el oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica, así como también el oxígeno necesario para el metabolismo de los microorganismos, por lo cual no existen procesos fermentativos, muy comunes en los sistemas sépticos convencionales y se evitará en todo momento la generación de olores desagradables.

El sistema **AQUAPAC** brinda una eficiencia mayor a los sistemas tradicionales aerobios ya que cuenta con nuestro filtro percolador tipo **BIOPACK** el cual incrementa la eficiencia del proceso aerobio en un 30% ya que aumenta el área efectiva de filtración en un 250%, su consumo eléctrico es de los más bajos del mercado e incluye el sistema de extracción y recirculación de lodos por "Air Lift" que facilita enormemente su mantenimiento y reduce los costos de operación. Adicionalmente cuenta con un sistema de filtración para eliminación de sólidos suspendidos y un sistema de desinfección lo que garantiza el cumplimiento de los requerimientos necesarios para el empleo de este efluente en sanitarios y labores de aseo y riego de jardines etc.

INFORMACIÓN DE DISEÑO.

POBLACIÓN A ATENDER/ CAUDAL (Suministrado por el cliente)	Torre 1	3.840 L/d
	Torre 2	5.760 L /d
	Torre 3	11. 520 L/d
AUTONOMIA DE OPERACIÓN	24 Horas	

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA EN FIBRA DE VIDRIO- AQUAPAC-GRIS

El sistema de tratamiento **AQUAPAC- GRIS**, está diseñado para tratar aguas por un proceso de lodos activados de lecho fijo BOPACK con aireación controlada, respondiendo el estándar de los siguientes estados de proceso:

- Cribado
- Desarenado
- Aireación
- Sedimentación
- Filtración
- Retorno de lodos por proceso Airlif
- Desinfección

REACTOR DE PROCESOS

El sistema AQUAPAC combina dos excelentes tecnologías, como lo son los sistemas aerobios de lodos activados y los sistemas de lecho fijo o de Película Fija. AQUAORIENTE ha refinado estas dos tecnologías para obtener un eficiente sistema de tratamiento de aguas residuales grises con una óptima relación costo beneficio.

El sistema AQUAPAC- GRIS consta de un tanque cilíndrico horizontal enterrado con cuatro cámaras diseñadas según RAS 2.000 en la primera cámara se produce la retención de sólidos gruesos así como el cabello , en la parte inferior de esta cámara se produce la oxidación de la materia orgánica, Este proceso se obtiene gracias a la inyección de oxígeno por mediación de un aireador de bajo consumo y de difusores de burbuja fina o micro burbujas con membrana en EPDM. Podemos así asegurar la formación rápida y constante de las colonias de bacterias aeróbicas encargadas de digerir y transformar las sustancias orgánicas presentes en el agua y garantizar su perfecto funcionamiento. Posteriormente las aguas residuales oxidadas y prácticamente depuradas pasan al segundo compartimento de sedimentación secundaria. En este compartimento los fangos activos estabilizados sedimentan hacia el fondo y una parte importante de ellos, es recirculada al compartimento anterior de oxidación, de forma natural, gracias a la particular forma del decantador, la diferencia del peso específico de la mezcla del agua con el oxígeno y el vaso comunicante que existe entre los dos compartimento.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

Este proceso resulta necesario para garantizar una mezcla homogénea de los fangos activos oxidados y estabilizados, con los fangos primarios, que todavía no han sido oxidados. De esta forma se facilita y acelera el proceso de oxidación biológica, garantizando los resultados de depuración. Nuestro exclusivo decantador secundario, permite una recirculación natural de los lodos en un circuito cerrado sin la utilización de ningún tipo de bomba o motor eléctrico. Incorpora además, en su interior, unos específicos cuerpos de rellenos filtrantes en polipropileno isotáctico antiácido- BIOPACK, que aumentan considerablemente su superficie y su rendimiento. El filtro percolador, evita también la posible salida de sólidos suspendidos en exceso en el agua de vertido, durante los periodos de caudales máximos y realizan un ulterior potenciamiento depurativo de nuestro sistema, muy útil en caso de fuertes caudales de punta (reuniones familiares, fiestas, eventos, etc..).

Un exclusivo sistema con AIR LIFT (efecto "Venturi") permite la extracción de los lodos en exceso aprovechando el soplante de aire, sin necesidad de utilizar ningún tipo de bomba. De esta forma el cliente podrá realizar las operaciones de mantenimiento (extracción de lodos) sin necesidad de acudir a una empresa especializada, con un notable ahorro económico. Una vez oxidada el agua se somete a filtración mediante una columna de gravas y arenas (Larga vida útil lo que no ocurre con las membranas); así finalmente el agua libre de sólidos en suspensión se somete a desinfección en la cuarta y última cámara

VENTAJAS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS TIPO AQUAPAC

- Sistema compacto altamente eficiente ya que todos sus procesos ocurren en un solo equipo (tanque cilíndrico horizontal)
- Calidad del agua proyectada: Agua apta para uso en sanitarios, labores de aseo y riego de jardines
- Material: PRFV. Evita filtraciones al terreno.
- Resistencia: Debido a la alta resistencia del PRFV y al sistema de refuerzos en forma de anillos a lo largo de todo el sistema, este equipo es resistente a la presión que se genera al ir instalado enterrado.
- Incluye un sistema de manholes superiores con tapa reforzada y tabiques divisorios fabricados totalmente en Poliéster reforzado con fibra de Vidrio (PRFV) y accesorios en PVC, para la interconexión en los tabiques, conexión de la tubería de entrada y salida del tanque y una salida para drenaje o purga de lodos.
- Diseño cilíndrico: Este diseño evita la formación de zonas muertas dentro del equipo (Producen putrefacción y malos olores), situación que normalmente ocurre en tanques con diseño rectangular.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA
NIT: 900.153.578-6

Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

- Agilidad en el proceso de instalación: El equipo se entrega listo para instalar (1 día).
- Operación: Costos de personal bajos ya que se requiere de un operador con bajo nivel de escolaridad por un periodo de media hora cada tres días para la preparación del desinfectante.
- El filtro tipo anillo biotecnológico BIOPACK brinda una mayor área efectiva de filtración que la gravilla mejorando considerablemente la calidad del efluente final.
- No genera malos olores, debido que los sistemas aerobios no poseen etapa de fermentación, y por consiguiente no generan H_2S (ácido sulfhídrico). No requiere recogida de gases, debido a que no genera metano.
- Es muy estable a fluctuaciones de carga, lo que hace que no requieran de ningún tipo de operación o seguimiento permanente.
- Tiene un tiempo de retención hidráulico bajo, de aproximadamente 10 horas, lo que se traduce en un menor tamaño.
- El filtro de gravas y arenas aseguran el cumplimiento en calidad de vertimientos además de asegurar larga vida útil así como su fácil y económico mantenimiento y reemplazo.
- El sistema propuesto permite ampliaciones futuras mediante la adición de módulos en paralelo sin presentar traumatismos a la operación.
- El arranque es mucho más rápido, alrededor de 2 semanas, debido a que las bacterias aerobias tienen tasas de reproducción mucho más rápidas que las anaerobias.

TABLERO DE CONTROL GENERAL

Compuesto por arrancador y térmico que protegerán el adecuado funcionamiento de la bomba y además contiene sistema temporizador.

NORMAS DE FABRICACIÓN:

- Ras 2000

www.aquaorientes.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

Tabla 1: Componentes Incluidos en el Precio Base de la Propuesta

SISTEMA COMPACTO, AUTOMÁTICO PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA, POR LODOS ACTIVADOS- AQUAPAC- FABRICADO EN POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (P.R.F.V)

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Caja de aforo y cribado, fabricada en Poliéster reforzado con Fibra de Vidrio (P.R.F.V), con estabilizador de rayos U.V.Marca aquaOriente.
1	Desarenador
1	Tanque reactor de 4 cámaras fabricado en Poliéster reforzado con fibra de vidrio (P.R.F.V) , con estabilizador de rayos U.V Marca aquaOriente.
1	Bomba para manejo de lodos .Marca Pedrollo (italiana)
1	Bomba dosificadoras de desinfectante. Marca Chem feed /Blue White (Americanas) Ó Zeko.
1	Blower (aireador) con difusores de burbuja fina..
2	Sensores de nivel.
1	Tablero de control de operación manual y automática
1	Tanque de para preparación de las solución desinfectante.
2	Manual de operación de la planta
	Kit Cloro y PH para control de la calidad del agua Reactivos necesarios para arranque y estabilización de la planta. Capacitación y entrenamiento del Personal Operativo de la Planta

DIMENSIONES

Área requerida aproximada:

- Torre 1: 6 m2
- Torre 2: 9 m2

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA
NIT: 900.153.578-6

Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

- Torre 3: 12 m2

SECCIÓN 2

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

FABRICACIÓN Y ALISTAMIENTO

Una vez puesta la orden de compra y hecho el pago del anticipo:

Diseño, Fabricación, Montaje y Puesta en marcha 3 Semanas

TRANSPORTE

El transporte de todos los equipos y materiales hasta casco urbano del municipio de Engativá – Cundinamarca está incluido en la presente oferta. Se entrega sobre plataforma de camión.

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

El montaje de los equipos, está incluido en el precio total de la presente propuesta, y será realizado por personal técnico completamente capacitado, **aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda.**

COMPROMISOS DEL CLIENTE

Entregar la información que se requiera para poder diseñar, suministrar, montar y poner en marcha los sistemas cotizados.

Facilitar los trabajos de instalación y puesta en marcha de los equipos.

Contar con las licencias y permisos expedidos por las autoridades competentes, necesarias para la instalación, puesta en marcha de los sistemas propuestos.

El cliente se compromete a suministrar el agua a tratar, a 0 m del sitio en donde se ubicará el sistema de tratamiento.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220

Se entiende que el punto de descarga, no se encuentra situado más allá de 0 m, del sitio de ubicación del sistema.

El cliente se compromete a suministrar la vigilancia requerida en el sitio de instalación del equipo cotizado.

SECCIÓN 3

PRECIOS

RESUMEN DE PRECIOS DE LA PROPUESTA GLOBAL

TORRE 1:

CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO
1	Suministro instalación y puesta en marcha de SISTEMA AQUAPAC – GRIS Caudal: 3.840 L / D	\$10.440.000

TORRE 2:

CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO
1	Suministro instalación y puesta en marcha de SISTEMA AQUAPAC – GRIS Caudal: 5.760 L / D	\$15.435.000

TORRE 3:

CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO
1	Suministro instalación y puesta en marcha de SISTEMA AQUAPAC – GRIS Caudal: 11.520 L / D	\$22.404.000

A LOS PRECIOS ANTERIORES SE DEBE AGREGAR EL 16% DE IVA

La oferta No incluye:

- Ningún tipo de obra civil.
- Pozos de succión ni líneas de impulsión de las aguas residuales hasta la planta de tratamiento.
- Acometidas eléctricas al tablero principal.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA
NIT: 900.153.578-6

Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

- Disposición de las aguas tratadas.
- Disposición de los lodos generados por el sistema.

CONDICIONES DE NEGOCIACIÓN

VALIDEZ DE LA OFERTA

60 días.

FORMAS DE PAGO

50 % al aceptar la propuesta

40 % antes de despacho de equipos de bodega.

10 % Con el acta de entrega o 15 días después de terminar instalación lo que suceda primero.

AL ACEPTAR LA PROPUESTA

A la aceptación de la propuesta se firmará un contrato de suministro e instalación donde se especificarán los equipos a instalar, materiales a usar, forma de pago, garantía y tiempo de entrega.

LIMITACIONES

Los precios y términos de ésta propuesta, no están sujetos a cambios o acuerdos verbales. Todas las modificaciones deberán hacerse por escrito y aprobados por **aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda.** Los precios están basados en los costos y condiciones existentes a la fecha de presentación, la validez de la oferta es de estricto cumplimiento salvo aprobación escrita de **aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda.**

SECCIÓN 5

SERVICIOS

CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda. Capacitará, al personal que se encargará del manejo del sistema.

www.aquaorientecol.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220



aquaOriente
INGENIERÍA DE AGUAS LTDA
NIT: 900.153.578-6

Plantas para tratamiento de agua, Tanques de almacenamiento, Insumos químicos.

ADICIONALES

Adicionalmente el arranque del sistema, puesta en marcha y entrenamiento, Ingenieros y técnicos especializados de **aquaOriente Ingeniería de Aguas Ltda.** estarán disponibles a través de nuestro Departamento Técnico de servicio.

SECCIÓN 6

NUESTROS CLIENTES

Algunos de nuestros clientes son:

- ECOPETROL S.A
- OCENSA (Oleoducto Central S.A)
- ODL S.A (Oleoducto de los Llanos Orientales S.A)
- Condominio Residencial Villa Toscana (Municipio Jenesano- Boyacá)
- Halliburton Latin America S.A
- CONALVIAS S.A./ISAGEN S.A. E.S.P.
- TERMOYOPAL- El Morro-Casanare.
- Hospital San Rafael- Jericó, Antioquia.
- Plan Maestro de Alcantarillado – Barrancabermeja.
- Hotel campestre Maraná - Villavicencio.
- Manufacturas y Procesos industriales. MPI- Barrancabermeja.
- Alcaldía Municipal de Piedecuesta.
- Alcaldía Municipal de Simacota.
- Incubadora Santander S.A
- Hidro Carbón Services (H y S).
- Consultorías y Servicios Integrados de Ingeniería (C.S.I)
- Inserco S.A.
- Condominio Residencial Galicia Campestre (Municipio de Piedecuesta. Santander).
- Condominio residencial El Refugio (Municipio Mesa de los Santos – Santander).
- Alcaldía municipal de Yondó – Antioquia.

www.aquaorienteltda.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Bucaramanga-Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 -1 5 Of 707 Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Cra 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (57) 3053469666
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 312 420 8886- 310 345 1220



AQUAPAC- GRISES. PTAR TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GRISES.

- Uso: Tratamiento de aguas residuales domesticas grises (aguas provenientes de duchas, bañeras y lavamanos) y pluviales.
- Material de fabricación: Poliéster reforzado con fibra de vidrio (P.R.F.V)
- Autonomía de operación: 24 horas. Lógica de proceso según necesidad.
- Proceso de tratamiento: La planta para tratamiento de aguas grises **AQUAPAC** es un sistema compacto que se desarrolla en un único tanque cilíndrico horizontal especialmente diseñado para atender las aguas domesticas provenientes de duchas bañeras y lavamanos basándose en la degradación biológica de la DBO₅ efectuada mediante la inyección de aire; brinda una eficiencia mayor a los sistemas tradicionales aerobios ya que cuenta con nuestro filtro percolador tipo **BIOPACK** el cual incrementa la eficiencia del proceso aerobio en un 30% debido al aumenta el área efectiva de filtración en un 250%. Este sistema se encuentra diseñado acorde con los parámetros de RAS 2.000 y su efluente cumple con la ley de vertimientos (Decreto 3930 de 2010 y la resolución 631 del 17 de marzo del 2015) y reúso del agua.

El sistema de tratamiento **AQUAPAC- GRIS**, responde al estándar de los siguientes estados de proceso:

- Cribado : Retención de sólidos propios de este tipo de agua
 - Desarenado: Retención de arenas que pueden afectar el correcto desempeño del equipo
 - Aireación: Empleada en la oxidación biológica del agua mediante la descomposición aerobia de la materia orgánica
 - Sedimentación: Retención del floc biológico estabilizado
 - Filtración: Retención de solidos suspendidos
 - Retorno de lodos por proceso Airlif: Garantiza el máximo aprovechamiento de la vida útil de los lodos aeróbicos
 - Desinfección- almacenamiento: El agua filtrada es desinfectada mediante la adición de hipoclorito de sodio permitiendo su reúso y posterior almacenamiento en el último compartimiento.
- Operación: Enterrado
A la vista

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



VENTAJAS DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS TIPO AQUAPAC-GRIS

- Sistema compacto altamente eficiente ya que todos sus procesos ocurren en un solo equipo (tanque cilíndrico horizontal)
- Calidad del agua proyectada: Agua apta para uso en sanitarios , labores de aseo y riego de jardines
- Material: PRFV. Evita filtraciones al terreno.
- Resistencia: Debido a la alta resistencia del PRFV y al sistema de refuerzos en forma de anillos a lo largo de todo el sistema, este equipo es resistente a la presión que se genera al ir instalado enterrado.
- Incluye un sistema de manholes superiores con tapa reforzada y tabiques divisorios fabricados totalmente en Poliéster reforzado con fibra de Vidrio (PRFV) y accesorios en PVC, para la interconexión en los tabiques, conexión de la tubería de entrada y salida del tanque y una salida para drenaje o purga de lodos.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



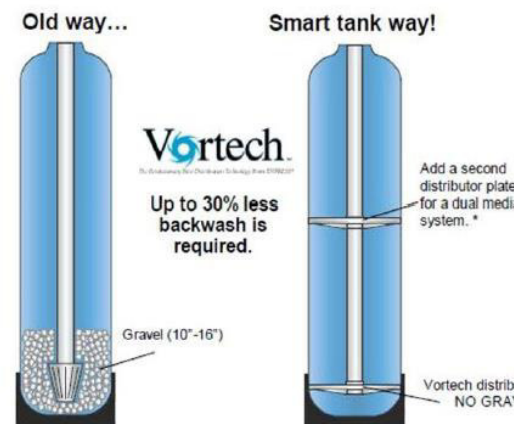
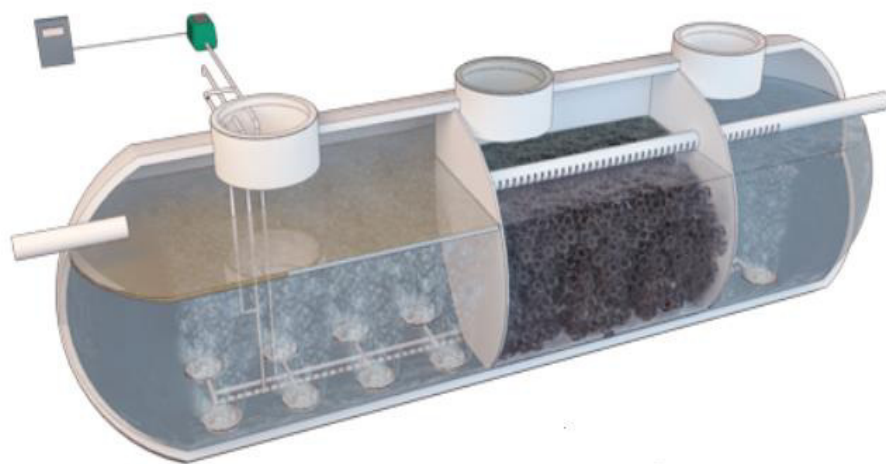
- Diseño cilíndrico: Este diseño evita la formación de zonas muertas dentro del equipo (Producen putrefacción y malos olores), situación que normalmente ocurre en tanques con diseño rectangular.
- Agilidad en el proceso de instalación: El equipo se entrega listo para instalar (1 día).
- Operación: Costos de personal bajos ya que se requiere de un operador con bajo nivel de escolaridad por un periodo de media hora cada tres días para la preparación del desinfectante.
- El filtro tipo anillo biotecnológico BIOPACK brinda una mayor área efectiva de filtración que la gravilla mejorando considerablemente la calidad del efluente final.
- No genera malos olores, debido que los sistemas aerobios no poseen etapa de fermentación, y por consiguiente no generan H_2S (ácido sulfhídrico). No requiere recogida de gases, debido a que no genera metano.
- Es muy estable a fluctuaciones de carga, lo que hace que no requieran de ningún tipo de operación o seguimiento permanente.
- Tiene un tiempo de retención hidráulico bajo, de aproximadamente 10 horas, lo que se traduce en un menor tamaño.
- El filtro de gravas y arenas aseguran el cumplimiento en calidad de vertimientos además de asegurar larga vida útil así como su fácil y económico mantenimiento y reemplazo.
- El sistema propuesto permite ampliaciones futuras mediante la adición de módulos en paralelo sin presentar traumatismos a la operación.
- El arranque es mucho más rápido, alrededor de 2 semanas, debido a que las bacterias aerobias tienen tasas de reproducción mucho más rápidas que las anaerobias.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



ESPECIFICACIONES TECNICAS



www.aquaoriente.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



AQUAPAC-GRIS .CILINDRICO HORIZONTAL ENTERRADO/ A LA VISTA

REFERENCIA	CAUDAL l/día	No. Equipos	DIAMETRO mm	LONGITUD- mm		FILTRACIÓN			
				Cilíndrica	Total	Tamaño	Taza de Filtración m3/m2.d	No. Filtros	Operación Filtro *
AQUAPAC-GRIS 1000	1000	1	800	1040	1450	14"	80	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 2000	2000	1	1050	2040	2400	14"	90	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 3000	3000	1	1500	1640	2160	14"	90	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 4000	4000	1	1500	2200	2720	16"	80	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 5000	5000	1	1500	2800	3320	16"	90	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 6000	6000	1	1500	3400	3920	18"	80	1	Interior
AQUAPAC-GRIS 8000	8000	1	1500	4500	5020	18"	90	1	Exterior
AQUAPAC-GRIS 10000	10000	1	2300	1780	2780	21"	80	1	Exterior
AQUAPAC-GRIS 12000	12000	1	2300	2250	3250	21"	90	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 15000	15000	1	2300	3000	4000	24"	80	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 18000	18000	1	2300	3700	4700	24"	90	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 20000	20000	1	2300	4200	5200	30"	80	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 25000	25000	1	2300	5400	6400	30"	90	2	Exterior

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
 Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
 Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
 Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



AQUAPAC-GRIS 30000	30000	1	2300	6600	7500	36"	80	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 35000	35000	1	2300	7800	8800	36"	90	2	Exterior
AQUAPAC-GRIS 40000	40000	1	2300	9000	10000	40"	80	3	Exterior
AQUAPAC-GRIS 45000	45000	1	2300	1020	1120	40"	90	3	Exterior
AQUAPAC-GRIS 50000	50000	1	2300	1140	1240	40"	90	3	Exterior

***La operación del filtro hace referencia al sitio de instalación de los filtros dentro o fuera del tanque**

- **Recomendación de instalación No. 1:** Para caudales superiores a 50.000 l/ día se recomienda utilizar combinaciones de tamaños más pequeños teniendo en cuenta que siempre se deben instalar equipos en paralelo de igual capacidad o solicitar cotización de quipos ensamblados en sitio.
- **Recomendación de instalación No 2:** El agua proveniente del AQUAPAC GRIS debe almacenarse y canalizarse en equipos y líneas independientes de los tanques y líneas de agua potable.

www.aquaoriente.com

Bogotá D.C.- Cundinamarca-Colombia: Carrera 19 A No. 90 13 Of 304 TEL: (571)6469635
Floridablanca -Santander-Colombia: Calle 31 A No. 26 15 Of 707. Cañaveral. TEL: (577)6389012
Barranquilla-Atlántico-Colombia: Carrera 52 No.69-96 Piso 4. El Prado. TEL: (575) 3185265
Villavicencio-Meta-Colombia: CEL: 3053469666



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente

***Diseño, construcción, instalación, alquiler y operación
De sistemas para tratamiento de aguas.***



***“Ingeniería y diseño al servicio”
Del medio ambiente***

www.quimerk.com



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

OFERTA TECNICA Y ECONOMICA No. 17246

Señor:

Atn: Arq Robert Nieto Jiménez.

Escala Arquitectos - Desing.

Cra 18 No. 86ª 80 Of 202

escala.arquitectos.col@gmail.com

Cel: 530 8552 – 304 406 4464

Ref.: PTAR 0.1 LPS



CONTENIDO:

- 1. OFERTA TÉCNICA**
- 2. OFERTA ECONÓMICA.**

**OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.
Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.
www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es**



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

1. OFERTA TECNICA

Caudal	0.1 LPS (Información suministrada por el cliente).
Número habitantes por torre.	64 habitantes.
Dotación (L/hab*d).	150 L/Hab*d

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Tipo de unidad	Lodos activados tipo aireación convencional.
Porcentaje de remoción	Entre el 80 – 95% de remoción en carga DBO5, DQO, SST GYA y SSED
Canastilla de criba	Rejillas de retención de solidos gruesos Material de construcción: PRFV con huecos. Número total de unidades: una (1) Las rejillas se ubicaría en el pozo de bombeo a construir por el cliente Limpieza manual Dimensiones: Largo: 0.6m Ancho: 0.6m Alto: 0.6m
Trampa de grasas	Unidad para la retención de grasas Material: PRFV Número total de unidades: una (1) Limpieza manual Dimensiones: Largo: 1.05 m Ancho: 0.6 m Alto: 0.6 m Incluye <ul style="list-style-type: none">Pantallas de aquietamientoNiples de ingreso y salida de la unidad de 2"
Reactor biológico tipo lodos activados	Material de construcción: poliester reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Sistema biológico: aerobio Número de unidades: una (1) Forma: cilíndrico Vertical Dimensiones: Altura: 2.3 m Diámetro: 1.6 m Incluye módulo de sedimentación interna de alta tasa

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogota D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<p>Incluye</p> <ul style="list-style-type: none">• Sistema de inyección de aire con sistema de blower por cada reactor.• Sistema air-lift de retorno de lodos• Microcontroladores para medición y dosificación de oxígeno en tiempo real.
Sopladores Blower	<p>Unidad tipo regenerativa. Número de unidades: uno (1) Conexión 2" NPT admisión y descarga Potencia: 1 HP Kw: 2,55 Ruido: 70db Temperatura descarga 74,2°F Unidad de liberación de aire: difusores de burbuja fina de alta tasa. Manómetro en la descarga de 0 – 15 PSI</p>
Sedimentador secundario de alta tasa	<p>Material de construcción: poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Tiempo de retención: 2 horas. Número de unidades: uno (1) Forma: cónico Dimensiones: Altura: 1.4m Diámetro: 1.0m Incluye módulo de sedimentación de alta tasa</p>
Humedal artificial de flujo sub- superficial	<p>Consiste en el paso del agua a través de un humedal artificial en donde es tratado a través de varios procesos físico-químicos y bacteriológicos. El oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica es suministrado principalmente por las propias plantas del humedal, que lo producen por fotosíntesis o lo toman del aire. La transferencia de oxígeno hacia la zona radicular por parte de estas plantas acuáticas favorece también el crecimiento de bacterias nitrificantes. Dimensiones: Largo: 2.0 m Ancho: 1.0 m Profundidad: 0.5 m</p>
Filtro Pulidor	<p>Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. Esta unidad retiene los sólidos más pequeños presentes en el agua. Material cuerpo: PRFV tipo estructural. Dimensiones Diámetro: 0.33 m. Altura: 1.37 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Arena sílice y antracita (Altura de la cama de filtración 60%)</p>
Filtro adsorción	<p>Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. La zeolita natural elimina cationes en solución como Fe, Mn, Cu, Zn, y metales pesados. El carbón activado retiene polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y gustos Material cuerpo: PRFV tipo estructural</p>

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<p>Dimensiones Diámetro: 0.33 m. Altura: 1.37 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Carbón activado (Altura de la cama de filtración 60%)</p>
Desinfección final	<p>La unidad ultravioleta se recomienda con el fin de bajar los niveles de coliformes y E. coli presentes en el agua, ahí se destruyen los microorganismos. Existen cinco grandes grupos de microorganismos que pueden ser eliminados por medio de esta tecnología: virus, bacterias, hongos, algas, protozoos. No. De unidades: Uno (1) Lámpara de Rayos UV longitud y alcance de onda 260 nm Controlador de tiempo por Horas Capacidad 45 GPM Entrada 110v</p>
Tablero de control	<p>Características cofre: El cofre con protección para la intemperie, pintura al Horno para protección contra agentes corrosivos. Componentes internos: Protector para condiciones atmosféricas de rayos, tormentas o similar, vigilante de tensión, Breaker totalizador y mini-Breaker de protección de fuerza y mini-Breaker para protección de control, contadores, relé térmicos, cables, parada de emergencia, relevos, selector de tres posiciones, luz indicadora y todos los elementos necesarios para su normal funcionamiento. Temporizadores para controlar el trabajo del soplador, el cual regula ciclos de operación. Marca: ABB – WEG o Similar.</p>
Soporte técnico	<p>Pruebas in situ de la calidad del agua con laboratorio portátil, productos químicos para el arranque de la unidad y la operación inicial. Manuales de operación y mantenimiento, planos de la unidad, señalización e instrucción detallada al personal designado para la correcta operación y conservación de la unidad.</p>

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

Alcance del Proyecto:

- Ingeniería básica y de detalle.
- El suministro de los equipos y estructuras para el montaje para el correcto funcionamiento de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.
- Planos.
- Transporte de los equipos.

Responsabilidades del Contratante:

- Interconexiones hidráulicas hasta punto cero de la unidad de tratamiento.
- Interconexiones eléctricas hasta un tablero de circuitos con totalizador tres fases, un neutro y una línea a tierra en el cuarto de máquinas de la unidad.
- Disponibilidad de un (1) operario para darle capacitación en el manejo y operación del sistema.
- Permisos de construcción, de linderos, de servidumbre, vertimientos y cualquier permiso que requiera el proyecto, las Obras Civiles necesarias.
- Adecuaciones para conducción de aguas de lavado, cajas de cribado y caja de salida.
- Pozo en cual se instalará la bomba sumergible
- Lechos de secado para la deshidratación de los lodos
- Monitoreo fisicoquímico por parte de un laboratorio acreditado para cada planta.
- Disposición final de los lodos deshidratados
- Cualquier requerimiento adicional que no haga parte de la presente oferta.

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogota D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

2. OFERTA ECONOMICA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.1 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Construcción, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Planos generales de instalación, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento.	1	\$ 26.630.770	\$ 26.630.770
Subtotal				\$ 26.630.770
Administración 5%				\$ 1.331.538
Imprevistos 5%				\$ 1.331.538
Utilidad 10%				\$ 2.663.077
IVA sobre la utilidad 19%				\$ 505.985
Total				\$ 32.462.908

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	SUMINISTRO DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.1 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Bomba sumergible, blower de aireación, difusores de burbuja, materiales filtrantes (filtro y humedal), geo-membrana humedal, unidad UV. Suministro, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Manuales de operación y mantenimiento.	1 GLB	\$ 8.074.353	\$ 8.074.353
Subtotal				\$ 8.074.353
IVA 19%				\$ 1.534.27
Total				\$ 9.608.480

VALOR TOTAL PLANTA

\$ 42.071.388

Notas aclaratorias:

- No se adjuntó caracterización físico-química del agua a tratar.

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

Condiciones Comerciales:

Forma de pago – Sugerido.

- 50% A la firma y legalización del contrato
- 40% A la entrega de los equipos y unidades prefabricadas
- 10% A la entrega a satisfacción con la unidad en funcionamiento.

Tiempo de entrega – Sugerido

10-15 días hábiles después de recibido el anticipo para la construcción y montaje de las unidades.

Validez de la propuesta

30 días

Cordialmente:

Oscar Pinto Gómez.

Ingeniero Ambiental y Sanitario

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente

***Diseño, construcción, instalación, alquiler y operación
De sistemas para tratamiento de aguas.***



***“Ingeniería y diseño al servicio”
Del medio ambiente***

www.quimerk.com



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

OFERTA TECNICA Y ECONOMICA

No. 17247

Señor:

Atn: Arq Robert Nieto Jiménez.

Escala Arquitectos - Desing.

Cra 18 No. 86ª 80 Of 202

escala.arquitectos.col@gmail.com

Cel: 530 8552 – 304 406 4464

Ref.: PTAR 0.2 LPS



CONTENIDO:

- 1. OFERTA TÉCNICA**
- 2. OFERTA ECONÓMICA.**

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

1. OFERTA TECNICA

Caudal	0.2 LPS (Información suministrada por el cliente).
Número habitantes por torre.	94 habitantes.
Dotación (L/hab*d).	150 L/Hab*d

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Tipo de unidad	Lodos activados tipo aireación convencional.
Porcentaje de remoción	Entre el 80 – 95% de remoción en carga DBO5, DQO, SST GYA y SSED
Canastilla de criba	Rejillas de retención de solidos gruesos Material de construcción: PRFV con huecos. Número total de unidades: una (1) Las rejillas se ubicaría en el pozo de bombeo a construir por el cliente Limpieza manual Dimensiones: Largo: 0.6m Ancho: 0.6m Alto: 0.6m
Trampa de grasas	Unidad para la retención de grasas Material: PRFV Número total de unidades: una (1) Limpieza manual Dimensiones: Largo: 1.05 m Ancho: 0.75 m Alto: 0.75 m Incluye <ul style="list-style-type: none">Pantallas de aquietamientoNiples de ingreso y salida de la unidad de 2"
Reactor biológico tipo lodos activados	Material de construcción: poliester reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Sistema biológico: aerobio Número de unidades: una (1) Forma: cilíndrico Vertical Dimensiones: Largo: 3.0 m Diámetro: 1.8 m Incluye

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogota D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de inyección de aire con sistema de blower por cada reactor.• Sistema air-lift de retorno de lodos• Microcontroladores para medición y dosificación de oxígeno en tiempo real.
Sopladores Blower	Unidad tipo regenerativa. Número de unidades: uno (1) Conexión 2" NPT admisión y descarga Potencia: 1.5 HP Kw: 2,55 Ruido: 70db Temperatura descarga 74,2°F Unidad de liberación de aire: difusores de burbuja fina de alta tasa. Manómetro en la descarga de 0 – 15 PSI
Sedimentador secundario de alta tasa	Material de construcción: poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Tiempo de retención: 2 horas. Número de unidades: uno (1) Forma: cónico Dimensiones: Altura: 1.6m Diámetro: 1.2m Incluye módulo de sedimentación de alta tasa
Humedal artificial de flujo sub- superficial	Consiste en el paso del agua a través de un humedal artificial en donde es tratado a través de varios procesos físico-químicos y bacteriológicos. El oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica es suministrado principalmente por las propias plantas del humedal, que lo producen por fotosíntesis o lo toman del aire. La transferencia de oxígeno hacia la zona radicular por parte de estas plantas acuáticas favorece también el crecimiento de bacterias nitrificantes. Dimensiones: Largo: 3.0 m Ancho: 2.0 m Profundidad: 0.5 m
Filtro Pulidor	Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. Esta unidad retiene los sólidos más pequeños presentes en el agua. Material cuerpo: PRFV tipo estructural. Dimensiones Diámetro: 0.36 m. Altura: 1.65 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Arena sílice y antracita (Altura de la cama de filtración 60%)
Filtro adsorción	Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. La zeolita natural elimina cationes en solución como Fe, Mn, Cu, Zn, y metales pesados. El carbón activado retiene polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y gustos Material cuerpo: PRFV tipo estructural Dimensiones

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<p>Diámetro: 0.36 m. Altura: 1.65 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Carbón activado (Altura de la cama de filtración 60%)</p>
Desinfección final	<p>La unidad ultravioleta se recomienda con el fin de bajar los niveles de coliformes y E. coli presentes en el agua, ahí se destruyen los microorganismos. Existen cinco grandes grupos de microorganismos que pueden ser eliminados por medio de esta tecnología: virus, bacterias, hongos, algas, protozoos.</p> <p>No. De unidades: Uno (1) Lámpara de Rayos UV longitud y alcance de onda 260 nm Controlador de tiempo por Horas Capacidad 45 GPM Entrada 110v</p>
Tablero de control	<p>Características cofre: El cofre con protección para la intemperie, pintura al Horno para protección contra agentes corrosivos.</p> <p>Componentes internos: Protector para condiciones atmosféricas de rayos, tormentas o similar, vigilante de tensión, Breaker totalizador y mini-Breaker de protección de fuerza y mini-Breaker para protección de control, contadores, relé térmicos, cables, parada de emergencia, relevos, selector de tres posiciones, luz indicadora y todos los elementos necesarios para su normal funcionamiento. Temporizadores para controlar el trabajo del soplador, el cual regula ciclos de operación. Marca: ABB – WEG o Similar.</p>
Soporte técnico	<p>Pruebas in situ de la calidad del agua con laboratorio portátil, productos químicos para el arranque de la unidad y la operación inicial.</p> <p>Manuales de operación y mantenimiento, planos de la unidad, señalización e instrucción detallada al personal designado para la correcta operación y conservación de la unidad.</p>

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.



Alcance del Proyecto:

- Ingeniería básica y de detalle.
- El suministro de los equipos y estructuras para el montaje para el correcto funcionamiento de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.
- Planos.
- Transporte de los equipos.

Responsabilidades del Contratante:

- Interconexiones hidráulicas hasta punto cero de la unidad de tratamiento.
- Interconexiones eléctricas hasta un tablero de circuitos con totalizador tres fases, un neutro y una línea a tierra en el cuarto de máquinas de la unidad.
- Disponibilidad de un (1) operario para darle capacitación en el manejo y operación del sistema.
- Permisos de construcción, de linderos, de servidumbre, vertimientos y cualquier permiso que requiera el proyecto, las Obras Civiles necesarias.
- Adecuaciones para conducción de aguas de lavado, cajas de cribado y caja de salida.
- Pozo en cual se instalará la bomba sumergible
- Lechos de secado para la deshidratación de los lodos
- Monitoreo fisicoquímico por parte de un laboratorio acreditado para cada planta.
- Disposición final de los lodos deshidratados
- Cualquier requerimiento adicional que no haga parte de la presente oferta.



OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

2. OFERTA ECONOMICA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.2 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Construcción, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Planos generales de instalación, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento.	1	\$ 36.041.408	\$ 36.041.408
Subtotal				\$ 36.041.408
Administración 5%				\$ 1.802.070
Imprevistos 5%				\$ 1.802.070
Utilidad 10%				\$ 3.604.141
IVA sobre la utilidad 19%				\$ 684.787
Total				\$ 43.934.477

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	SUMINISTRO DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.2 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Bomba sumergible, blower de aireación, difusores de burbuja, materiales filtrantes (filtro y humedal), geo-membrana humedal, unidad UV. Suministro, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Manuales de operación y mantenimiento.	1 GLB	\$ 9.405.052	\$ 9.405.052
Subtotal				\$ 9.405.052
IVA 19%				\$ 1.786.960
Total				\$ 11.192.012

VALOR TOTAL PLANTA

\$ 55.126.488

Notas aclaratorias:

- No se adjuntó caracterización físico-química del agua a tratar.

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

Condiciones Comerciales:

Forma de pago – Sugerido.

- 50% A la firma y legalización del contrato
- 40% A la entrega de los equipos y unidades prefabricadas
- 10% A la entrega a satisfacción con la unidad en funcionamiento.

Tiempo de entrega – Sugerido

10-15 días hábiles después de recibido el anticipo para la construcción y montaje de las unidades.

Validez de la propuesta

30 días

Cordialmente:

Oscar Pinto Gómez.

Ingeniero Ambiental y Sanitario

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente

***Diseño, construcción, instalación, alquiler y operación
De sistemas para tratamiento de aguas.***



***“Ingeniería y diseño al servicio”
Del medio ambiente***

www.quimerk.com



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

OFERTA TECNICA Y ECONOMICA

No. 17248

Señor:

Atn: Arq Robert Nieto Jiménez.

Escala Arquitectos - Desing.

Cra 18 No. 86ª 80 Of 202

escala.arquitectos.col@gmail.com

Cel: 530 8552 – 304 406 4464

Ref.: PTAR 0.35 LPS



CONTENIDO:

- 1. OFERTA TÉCNICA**
- 2. OFERTA ECONÓMICA.**

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

1. OFERTA TECNICA

Caudal	0.35 LPS (Información suministrada por el cliente).
Número habitantes por torre.	196 habitantes.
Dotación (L/hab*d).	150 L/Hab*d

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
Tipo de unidad	Lodos activados tipo aireación convencional.
Porcentaje de remoción	Entre el 80 – 95% de remoción en carga DBO5, DQO, SST GYA y SSED
Canastilla de criba	Rejillas de retención de solidos gruesos Material de construcción: PRFV con huecos. Número total de unidades: una (1) Las rejillas se ubicaría en el pozo de bombeo a construir por el cliente Limpieza manual Dimensiones: Largo: 0.6m Ancho: 0.6m Alto: 0.6m
Trampa de grasas	Unidad para la retención de grasas Material: PRFV Número total de unidades: una (1) Limpieza manual Dimensiones: Largo: 1.13 m Ancho: 0.85 m Alto: 0.85 m Incluye <ul style="list-style-type: none">• Pantallas de aquietamiento• Niples de ingreso y salida de la unidad de 2"
Reactor biológico tipo lodos activados	Material de construcción: poliester reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Sistema biológico: aerobio Número de unidades: una (1) Forma: cilíndrico Vertical Dimensiones: Largo: 3.5 m Diámetro: 2.0 m Incluye

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogota D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de inyección de aire con sistema de blower por cada reactor.• Sistema air-lift de retorno de lodos• Microcontroladores para medición y dosificación de oxígeno en tiempo real.
Sopladores Blower	Unidad tipo regenerativa. Número de unidades: uno (1) Conexión 2" NPT admisión y descarga Potencia: 2.0 HP Kw: 2,55 Ruido: 70db Temperatura descarga 74,2°F Unidad de liberación de aire: difusores de burbuja fina de alta tasa. Manómetro en la descarga de 0 – 15 PSI
Sedimentador secundario de alta tasa	Material de construcción: poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) Tiempo de retención: 2 horas. Número de unidades: uno (1) Forma: cónico Dimensiones: Altura: 1.8m Diámetro: 1.4m Incluye módulo de sedimentación de alta tasa
Humedal artificial de flujo sub- superficial	Consiste en el paso del agua a través de un humedal artificial en donde es tratado a través de varios procesos físico-químicos y bacteriológicos. El oxígeno necesario para la oxidación de la materia orgánica es suministrado principalmente por las propias plantas del humedal, que lo producen por fotosíntesis o lo toman del aire. La transferencia de oxígeno hacia la zona radicular por parte de estas plantas acuáticas favorece también el crecimiento de bacterias nitrificantes. Dimensiones: Largo: 5.0 m Ancho: 3.0 m Profundidad: 0.5 m
Filtro Pulidor	Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. Esta unidad retiene los sólidos más pequeños presentes en el agua. Material cuerpo: PRFV tipo estructural. Dimensiones Diámetro: 0.46 m. Altura: 1.65 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Arena sílice y antracita (Altura de la cama de filtración 60%)
Filtro adsorción	Unidad cilíndrica para trabajar altas presiones (50 – 70 PSI), con sus componentes internos. La zeolita natural elimina cationes en solución como Fe, Mn, Cu, Zn, y metales pesados. El carbón activado retiene polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y gustos Material cuerpo: PRFV tipo estructural Dimensiones

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

	<p>Diámetro: 0.46 m. Altura: 1.65 m. Cantidad: una (1) Material de contacto: Carbón activado (Altura de la cama de filtración 60%)</p>
Desinfección final	<p>La unidad ultravioleta se recomienda con el fin de bajar los niveles de coliformes y E. coli presentes en el agua, ahí se destruyen los microorganismos. Existen cinco grandes grupos de microorganismos que pueden ser eliminados por medio de esta tecnología: virus, bacterias, hongos, algas, protozoos.</p> <p>No. De unidades: Uno (1) Lámpara de Rayos UV longitud y alcance de onda 260 nm Controlador de tiempo por Horas Capacidad 45 GPM Entrada 110v</p>
Tablero de control	<p>Características cofre: El cofre con protección para la intemperie, pintura al Horno para protección contra agentes corrosivos.</p> <p>Componentes internos: Protector para condiciones atmosféricas de rayos, tormentas o similar, vigilante de tensión, Breaker totalizador y mini-Breaker de protección de fuerza y mini-Breaker para protección de control, contadores, relé térmicos, cables, parada de emergencia, relevos, selector de tres posiciones, luz indicadora y todos los elementos necesarios para su normal funcionamiento. Temporizadores para controlar el trabajo del soplador, el cual regula ciclos de operación. Marca: ABB – WEG o Similar.</p>
Soporte técnico	<p>Pruebas in situ de la calidad del agua con laboratorio portátil, productos químicos para el arranque de la unidad y la operación inicial.</p> <p>Manuales de operación y mantenimiento, planos de la unidad, señalización e instrucción detallada al personal designado para la correcta operación y conservación de la unidad.</p>

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.



Alcance del Proyecto:

- Ingeniería básica y de detalle.
- El suministro de los equipos y estructuras para el montaje para el correcto funcionamiento de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.
- Planos.
- Transporte de los equipos.

Responsabilidades del Contratante:

- Interconexiones hidráulicas hasta punto cero de la unidad de tratamiento.
- Interconexiones eléctricas hasta un tablero de circuitos con totalizador tres fases, un neutro y una línea a tierra en el cuarto de máquinas de la unidad.
- Disponibilidad de un (1) operario para darle capacitación en el manejo y operación del sistema.
- Permisos de construcción, de linderos, de servidumbre, vertimientos y cualquier permiso que requiera el proyecto, las Obras Civiles necesarias.
- Adecuaciones para conducción de aguas de lavado, cajas de cribado y caja de salida.
- Pozo en cual se instalará la bomba sumergible
- Lechos de secado para la deshidratación de los lodos
- Monitoreo fisicoquímico por parte de un laboratorio acreditado para cada planta.
- Disposición final de los lodos deshidratados
- Cualquier requerimiento adicional que no haga parte de la presente oferta.



OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

2. OFERTA ECONOMICA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.35 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Construcción, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Planos generales de instalación, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento.	1	\$ 45.987.472	\$ 45.987.472
Subtotal				\$ 45.987.472
Administración 5%				\$ 2.299.374
Imprevistos 5%				\$ 2.299.374
Utilidad 10%				\$ 4.598.374
IVA sobre la utilidad 19%				\$ 873.762
Total				\$ 56.058.728

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
1	SUMINISTRO DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON CAPACIDAD PARA 0.35 LPS CON LAS CARACTERÍSTICAS ANTERIORMENTE DESCRITAS. Bomba sumergible, blower de aireación, difusores de burbuja, materiales filtrantes (filtro y humedal), geo-membrana humedal, unidad UV. Suministro, instalación y puesta en funcionamiento. Incluye: Manuales de operación y mantenimiento.	1 GLB	\$ 11.977.180	\$ 11.977.180
Subtotal				\$ 11.977.180
IVA 19%				\$ 2.275.664
Total				\$ 14.252.845

VALOR TOTAL PLANTA

\$ 70.311.573

Notas aclaratorias:

- No se adjuntó caracterización físico-química del agua a tratar.

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es



Quimerk Ltda.

Tratamiento De Aguas

Ingeniería y Diseño al servicio del Medio Ambiente.

Condiciones Comerciales:

Forma de pago – Sugerido.

- 50% A la firma y legalización del contrato
- 40% A la entrega de los equipos y unidades prefabricadas
- 10% A la entrega a satisfacción con la unidad en funcionamiento.

Tiempo de entrega – Sugerido

10-15 días hábiles después de recibido el anticipo para la construcción y montaje de las unidades.

Validez de la propuesta

30 días

Cordialmente:

Oscar Pinto Gómez.

Ingeniero Ambiental y Sanitario

OFICINA: CALLE 49 # 71 - 17/Oficina 202. Normandía 1er sector.

Teléfonos: 5446139 / 3125423837/ Bogotá D.C.

www.quimerk.com / quimerk@hahoo.es

CONJUNTO RESIDENCIAL SABANA VERDE

RESEÑA BÁSICA BARRIAL

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Nombre del Barrio o conjunto Residencial	<p>CONJUNTO RESIDENCIAL SABANA VERDE</p>  <p><i>Panorámica interna Conjunto Residencial Sabana Verde. Fuente: Convenio 140 de 2009. Observatorio Social.</i></p>
Código de Barrio	<p>NIT: 830108665 - 4</p>
Pertenece a la UPZ	<p>115 CAPELLANÍA</p>
Reseña Histórica según (JAC) y habitantes más antiguos	<p>La construcción de es que este conjunto fue ejecutada por la CONSTRUCTORA BOLÍVAR a comienzos del año 2002. La obra se desarrolló en dos etapas cada una compuesta por 186 casas. La entrega de la vivienda a cada uno de los habitantes de la primera etapa se realizó en mayo del mismo año, construcción que se entregaba en obra gris.</p> <p>Se trataba de un proyecto de Vivienda de Interés Social cuyas primeras casas tenían un costo de \$28'500.000 veintiocho millones quinientos, mientras que las de la segunda etapa se vendieron a \$33.500.000 treinta y tres millones quinientos mil pesos. Cada una de las viviendas está compuesta por tres niveles, que constan de: a) Primer nivel: Sala comedor, cocina y zona de ropas; b) segundo nivel: Baño y 3 habitaciones y c) tercer nivel o altillo con un baño y una habitación o estudio.</p>



Panorámica Portería Principal Conjunto Residencial Sabana Verde.

Fuente: Convenio 140 de 2009. Observatorio Social.

Anualmente se celebran las novenas de aguinaldos y la Navidad y el día de los niños, y eventualmente se realizan ferias empresariales internas orientadas a fortalecer el espíritu emprendedor de los residentes del conjunto. Por otra parte, en las asambleas que se realizan, siempre se busca que los jóvenes hagan parte activa de lo que se pueda hacer en el conjunto.

Cada año se han ido mejorando las instalaciones de uso común; por ejemplo se presta el servicio de ludoteca en la que jóvenes de colegios distritales realizan las pasantías de su servicio social, también se cuenta con un gimnasio, una pequeña cancha de microfútbol y se construyeron las cajas para telefonía y televisión.

El Consejo de Administración y la Administradora se capacitan en temas como convivencia y propiedad horizontal y ellos a su vez multiplican la información a los residentes mediante charlas.

Gracias al buen desempeño administrativo, la Constructora Bolívar ha donado al conjunto varios computadores y la empresa UNE, bonos con los que se cubre la fiesta de los niños y varias herramientas.

Población según la JAC	El conjunto consta de 2 etapas, cada una con 186 casas y 744 habitantes aproximadamente, para un total de 1488 personas.
Limites E, O, N, S.	Oriente: Carrera 87; Occidente: Carrera 89 y Conjunto Residencial Capellanía Real; Norte: Conjunto Residencial Tukumena; Sur: Canal de aguas lluvias y el conjunto residencial de Allegro de Capellanía.
Estratos Predominantes	Tres (3).

Tipo de vivienda.	<p>Cada una de las viviendas tiene 3 niveles y 2.80 de frente por 9 metros de fondo, cuentan con 3 habitaciones, un estudio, un baño, una cocina, sala comedor, un altillo y una zona de ropas.</p> <div data-bbox="820 329 1308 695" data-label="Image"> </div> <p><i>Panorámica Parque infantil Interno Conjunto Residencial Sabana Verde. Fuente: Convenio 140 de 2009. Observatorio Social.</i></p>
Actividad Económica:	<p>La mayoría de los residentes son empleados, bastantes del sector financiero; algunos son empresarios. Los jóvenes se dedican a estudiar, cerca del 80% tienen un nivel universitario.</p>
Auto de reconocimiento de la JAC.	<p>Por tratarse de un conjunto residencial no tienen Auto de reconocimiento.</p>
Salón Comunal	<p>El salón comunal está compuesto por cocina, baños y salón y cuenta con sillas, mesas, un teatro en casa, un horno microondas, una mesa de ping – pong.</p>
Sitios de interés	<p>Ninguno.</p>
Infraestructura Publica Social y Equipamiento Urbano	<ul style="list-style-type: none"> - Salón comunal. - Ludoteca dotada con 8 computadores, una mesa de trabajo, 2 bifés y biblioteca. <div data-bbox="800 1480 1325 1877" data-label="Image"> </div> <p><i>Ludoteca interna Conjunto Residencial Sabana Verde. Fuente: Convenio 140 de 2009. Observatorio Social.</i></p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Gimnasio con aparatos multifuerza y pesas. - Cancha de microfútbol. - Parque infantil. - Shut de basuras totalmente enchapado y con servicios. - Oficina de Administración. - Parqueaderos comunales. 1 parqueadero por cada 3 casas.
Infraestructura vial.	Las vías se encuentran en regular estado pues a dos cuadras se encuentra la empresa ENVIA y su tráfico pesado las arruina fácilmente. La vía en peores condiciones es la calle 21.
Cobertura de servicios públicos domiciliarios	Se cuenta con paquetes de telefonía, internet y televisión por cable, y todos los servicios públicos domiciliarios.
Servicio de Transporte- Rutas de Buses, colectivos, Transmilenio, taxis.	La cobertura de rutas de transporte es muy buena, pues se cuenta con la gran cantidad de rutas que transitan por la Avenida Ciudad de Cali y por la Avenida del Ferrocarril.
Potencialidades (Posibilidad de crecimiento y desarrollo).	El conjunto tiene buenos profesionales que prestan sus servicios en diferentes aéreas. Se realizará el embellecimiento general del conjunto con pintura, arreglo de jardines, cerramiento con cerca viva, concertina y rayo láser y portería tipo lobby.
Problemas o necesidades	La constructora dejó un desnivel en la entrada del conjunto, y cuando llueve muy fuerte se inunda el parqueadero. Multiplicación de las mascotas, pues en muchos hogares las buscan como compañía sin contemplar que los espacios de las casas son reducidos. Esto facilita que se presenten otras situaciones como el mal manejo de los excrementos, ruido y dificultades de convivencia.
Proyectos mas importantes Ejecutados y por Ejecutar en el Barrio	Ejecutados: Funcionamiento de la Ludoteca e implementación del gimnasio y la cancha de microfútbol. Por ejecutar: Embellecimiento general del conjunto.
Organizaciones Comunitarias.	Grupo de teatro Infantil. Grupo de patinaje. Club de lectura.
Condiciones de seguridad y Convivencia.	En general la seguridad es de buen nivel aunque el tema de las mascotas dificulta la convivencia. En el canal cercano hay expendio esporádico de drogas, aunque la administración del conjunto tiene relación permanente con la Policía y se cuenta con un CAI a 4 cuadras, también se tiene cámaras en 8 puntos y un recorredor nocturno.

Riesgos: Tecnológicos, deslizamientos, inundaciones, incendios.	Inundaciones del parqueadero cuando hay fuertes lluvias. Durante la construcción del conjunto se plantaron árboles en el área perimetral con una distancia de 5 a 8 metros entre uno y otro, lo que levanta el piso adoquinado de las áreas comunes.
Fecha de elaboración de la Reseña:	Sábado 10 de Abril de 2011.
Reseña entregada por:	Milena González Bohórquez. Teléfonos: 8018811 – 3125127802. E- mail: consejosabanaverde2@gmail.com

Formulario Optimización del Recurso Hídrico en Viviendas																																				
Esta encuesta es realizada y aplicada por estudiantes de la Universidad Nacional, con el objetivo de evaluar la aceptación social que podría tener la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises en el lugar de residencia. La información aquí suministrada será estrictamente confidencial y de uso académico. Esta encuesta hace parte de la investigación desarrollada en la tesis para optar por el título de Magister en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Agradecemos su participación.																																				
Programa: Maestría en Construcción - Facultad de Artes					Autor: Anny Galeano Díaz		Director: M.Sc. David Zamora																													
Cuestionario número:					Encuestador:																															
I. Características del encuestado																																				
Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M Barrio: _____ Localidad: _____ Estrato: <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr></table>					1	2	3	4	5	6	1. ¿Cuál es su nivel de estudios?:																									
					1	2	3	4	5	6																										
<table><tr><td></td><td>Completo</td><td>Incompleto</td></tr><tr><td>1.1</td><td>Primaria</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>1.2</td><td>Secundaria</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>1.3</td><td>Técnico, Tecnólogo</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>1.4</td><td>Pregrado</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>1.5</td><td>Posgrado</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>1.6</td><td>Otro</td><td colspan="2">¿Cuál? _____</td></tr></table>						Completo	Incompleto	1.1	Primaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.2	Secundaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.3	Técnico, Tecnólogo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.4	Pregrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.5	Posgrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.6	Otro	¿Cuál? _____						
	Completo	Incompleto																																		
1.1	Primaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
1.2	Secundaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
1.3	Técnico, Tecnólogo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
1.4	Pregrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
1.5	Posgrado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
1.6	Otro	¿Cuál? _____																																		
2. ¿Cuál es su principal ocupación?					3. El lugar de residencia es:																															
<table><tr><td>2.1</td><td>Estudiante</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>2.2</td><td>Empleado</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>2.3</td><td>Trabajador independiente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>2.4</td><td>Cuidado del hogar</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>2.5</td><td>Desempleado</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>2.6</td><td>Otro</td><td>_____</td></tr></table>					2.1	Estudiante	<input type="checkbox"/>	2.2	Empleado	<input type="checkbox"/>	2.3	Trabajador independiente	<input type="checkbox"/>	2.4	Cuidado del hogar	<input type="checkbox"/>	2.5	Desempleado	<input type="checkbox"/>	2.6	Otro	_____	<table><tr><td>3.1</td><td>Propio</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>3.2</td><td>Arriendo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr><tr><td>3.3</td><td>Otro</td><td>¿Cuál? _____</td></tr></table>					3.1	Propio	<input type="checkbox"/>	3.2	Arriendo	<input type="checkbox"/>	3.3	Otro	¿Cuál? _____
2.1	Estudiante	<input type="checkbox"/>																																		
2.2	Empleado	<input type="checkbox"/>																																		
2.3	Trabajador independiente	<input type="checkbox"/>																																		
2.4	Cuidado del hogar	<input type="checkbox"/>																																		
2.5	Desempleado	<input type="checkbox"/>																																		
2.6	Otro	_____																																		
3.1	Propio	<input type="checkbox"/>																																		
3.2	Arriendo	<input type="checkbox"/>																																		
3.3	Otro	¿Cuál? _____																																		
II. Conocimientos																																				
4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?					5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?																															
4.1 Si <input type="checkbox"/> ¿Cuál? _____					5.1 Si <input type="checkbox"/>																															
4.2 No <input type="checkbox"/>					5.2 No <input type="checkbox"/>																															
III. Contextualización																																				
Las aguas grises son las aguas residuales principalmente provenientes de lavadoras, lavamanos y duchas, estas pueden ser reutilizadas para la descarga de sanitarios, riego y limpieza. Los sistemas mecanicos para la depuración y reutilización de las aguas grises presentan:																																				
Ventajas <ul style="list-style-type: none">* Redución aproximandamente de un 90% de contaminantes* Disminución de un 40% en el costo en las facturas de acueducto* Recuperación de lo invertido en 8 años (Aproximado)					Desventajas <ul style="list-style-type: none">* Malos olores (falta de mantenimiento)* Color desagradable (puede ser manejado a traves de tintes)* Aumento en pago de cuota de administración de 5 a 10% (mantenimieto y consumo electrico)																															
IV. Prácticas																																				
6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?					7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:																															
6.1 Si <input type="checkbox"/>					7.1 Mediante sistema mecanicos <input type="checkbox"/>																															
6.2 No <input type="checkbox"/> (Si la respuesta es "No" pase a la pregunta 8)					7.2 Recolección y aplicación manual <input type="checkbox"/>																															
					7.3 Otro Cual?: _____																															
8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?					9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:																															
8.1 Disminución en el costo de la factura del agua <input type="checkbox"/>					9.1 Residencia <input type="checkbox"/>																															
8.2 Contribuir a la conservación del recurso natural <input type="checkbox"/>					9.2 Edificio <input type="checkbox"/>																															
8.3 Generar conciencia a sus amigos y familiares <input type="checkbox"/>					9.3 Barrio <input type="checkbox"/>																															
8.4 Socialmente está bien visto <input type="checkbox"/>					9.4 Ciudad <input type="checkbox"/>																															
IV. Opinión																																				
10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)					11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)																															
10.1 Descarga de aparatos sanitarios <input type="checkbox"/>					11.1 Ninguna <input type="checkbox"/>																															
10.2 Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos) <input type="checkbox"/>					11.2 Baja <input type="checkbox"/>																															
10.3 Lavado de carros <input type="checkbox"/>					11.3 Media <input type="checkbox"/>																															
10.4 Sistemas contra incendios <input type="checkbox"/>					11.4 Alta <input type="checkbox"/>																															
10.5 Limpieza de calles <input type="checkbox"/>																																				
12. ¿ En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?					13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?																															
12.1 Ninguna <input type="checkbox"/>					13.1 Si <input type="checkbox"/>																															
12.2 Baja <input type="checkbox"/>					13.2 No <input type="checkbox"/>																															
12.3 Media <input type="checkbox"/>																																				
12.4 Alta <input type="checkbox"/>																																				
14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:					15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)																															
14.1 Contratar el sistema usted mismo <input type="checkbox"/>					15.1 Menos de \$1.000.000 <input type="checkbox"/>																															
14.2 Que el sistema esté instalado previamente <input type="checkbox"/>					15.2 \$1.000.000 a \$2.000.000 <input type="checkbox"/>																															
					15.3 Más de \$2.000.000 <input type="checkbox"/>																															
Observaciones al respaldo de la hoja (Este espacio lo diligencia el encuestador)																																				



1

2

3

4

	4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?		5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises?		6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?		7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:		8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia?			9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:				11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)				12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?				13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿invertiría		14. Bajo el supuesto en estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:		15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises?				
	Si	No	Si	No	Si	No	Mediante sistema mecanicos	Recolección y aplicación manual	Disminución en el costo de la factura del agua	Contribuir a la conservación del recurso natural	Generar conciencia a sus amigos y familiares	Residencia	Edificio/conjunto	Barrio	Ciudad	Ninguna	Baja	Media	Alta	Ninguna	Baja	Media	Alta	Si	No	Contratar el sistema usted mismo	Que el sistema esté instalado previamente	Menos de \$1.000.000	\$1.000.000 a \$2.000.000	Más de \$2.000.000		
Primaria Completo																																
Femenino	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%
Secundaria Incompleto																																
Femenino	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%
Masculino	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%
Secundaria Completo																																
Femenino	8,2%	2,0%	1,4%	8,8%	8,8%	1,4%	0,0%	8,8%	6,9%	2,1%	0,0%	2,7%	1,4%	4,1%	2,0%	1,4%	6,1%	2,7%	0,0%	4,8%	5,4%	0,0%	0,0%	10,2%	0,0%	5,4%	4,8%	6,1%	2,7%	1,4%		
Masculino	4,1%	10,2%	4,1%	10,2%	10,2%	4,1%	0,0%	10,2%	10,3%	4,1%	0,0%	7,5%	4,1%	1,4%	1,4%	2,7%	7,5%	4,1%	0,0%	8,2%	6,1%	0,0%	0,0%	12,2%	2,0%	4,8%	9,5%	8,2%	6,1%	0,0%		
Técnico, tecnólogo Completo																																
Femenino	10,9%	2,7%	1,4%	10,9%	8,2%	5,4%	0,0%	8,2%	8,3%	3,4%	2,1%	5,4%	5,4%	1,4%	1,4%	1,4%	8,2%	4,1%	0,0%	6,8%	5,4%	1,4%	0,0%	12,2%	1,4%	2,7%	10,9%	8,8%	4,8%	0,0%		
Masculino	6,8%	4,1%	4,8%	6,1%	6,8%	4,1%	0,7%	6,1%	8,3%	2,8%	0,0%	4,1%	2,7%	0,7%	3,4%	0,7%	6,8%	2,7%	0,7%	4,8%	5,4%	0,7%	0,0%	10,9%	0,0%	2,7%	8,2%	1,4%	9,5%	0,0%		
Pregrado Incompleto																																
Femenino	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%
Masculino	1,4%	5,4%	1,4%	5,4%	1,4%	5,4%	0,0%	1,4%	4,1%	2,8%	0,0%	2,7%	2,7%	1,4%	0,0%	0,0%	6,8%	0,0%	0,0%	4,1%	2,7%	0,0%	0,0%	6,8%	0,0%	5,4%	1,4%	0,0%	5,4%	1,4%		
Pregrado Completo																																
Femenino	10,9%	7,5%	4,1%	14,3%	15,0%	3,4%	0,0%	15,0%	13,8%	4,8%	0,0%	11,6%	2,7%	4,1%	0,0%	0,0%	10,2%	6,8%	1,4%	7,5%	9,5%	1,4%	0,0%	15,6%	2,7%	3,4%	15,0%	6,1%	10,9%	1,4%		
Masculino	1,4%	6,1%	2,7%	4,8%	3,4%	4,1%	0,0%	3,4%	5,5%	2,1%	0,0%	4,8%	1,4%	0,0%	1,4%	3,4%	2,7%	1,4%	1,4%	6,1%	1,4%	1,4%	0,0%	6,8%	0,7%	1,4%	6,1%	3,4%	2,7%	1,4%		
Posgrado Incompleto																																
Femenino	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	1,4%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	
Posgrado Completo																																
Femenino	5,4%	2,0%	4,1%	3,4%	6,1%	1,4%	0,0%	6,1%	1,4%	6,2%	0,0%	2,7%	2,7%	1,4%	0,7%	1,4%	6,1%	0,0%	0,0%	4,8%	2,7%	0,0%	0,0%	7,5%	0,0%	1,4%	6,1%	0,0%	6,1%	1,4%		
Masculino	4,1%	0,0%	1,4%	2,7%	1,4%	2,7%	0,0%	1,4%	1,4%	2,8%	0,0%	0,0%	2,7%	1,4%	0,0%	0,0%	2,7%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%	2,7%	0,0%	0,0%	4,1%	0,0%	4,1%	0,0%		
	58,5%	41,5%	26,5%	72,1%	68,3%	32,0%	0,7%	67,6%	65,5%	32,4%	2,1%	45,6%	27,2%	17,0%	10,2%	12,2%	57,1%	27,2%	3,4%	49,7%	44,2%	6,1%	0,0%	91,9%	6,8%	31,4%	68,9%	35,4%	56,5%	8,2%		

Memorias Curso de Consultoría Estadística



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA

Segundo Semestre 2016

Caso: Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones a través de la reutilización de aguas grises.

Consultores

Heidy Tatiana Garzón Parra	<i>htgarzonp@unal.edu.co</i>
María Camila Góngora Albán	<i>mcgongoraa@unal.edu.co</i>
Ana María Mondragón Moreno	<i>ammondragonm@unal.edu.co</i>
Mayra Alejandra Neisa Valero	<i>maneisav@unal.edu.co</i>

1. Cliente No. 4

A continuación se presentarán las características generales del proyecto.

Solicitante

Anny Galeano Díaz

Dependencia

Maestría en construcción, Facultad de Artes.

Título del Proyecto

Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones a través de la reutilización de aguas grises.

Diagnóstico del Proyecto

El proyecto está dirigido principalmente a la evaluación de la incorporación de mejores prácticas para la gestión del recurso hídrico a nivel residencial enfocado en la regeneración y reutilización de aguas grises. Inicialmente la consultante quiere evaluar factores que puedan afectar la correcta implementación de nuevas propuestas para la optimización del recurso hídrico. Dichos factores son:

- Aceptación social.
- Viabilidad económica.
- Responsabilidad ambiental.

Para lo anterior, la consultante propone un cuestionario que mida esencialmente la aceptación social de la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises. La población objetivo del estudio corresponde a la población civil, mayor de edad, de estrato tres que reside en conjuntos residenciales de la ciudad de Bogotá.

Se le comenta a la consultante que para hacer una correcta caracterización de la población objetivo se debe considerar un diseño muestral probabilístico. A su vez, se le mencionan las implicaciones que tiene un diseño de este estilo y el despliegue de recursos (costos, tiempo y personal) que se requieren para una correcta ejecución de la encuesta bajo muestreo probabilístico. Finalmente, la cliente decide que según el alcance de su investigación y las limitaciones debido a recursos, es adecuado realizar un muestreo no probabilístico que caracterice únicamente la población a ser encuestada.

Descripción del Problema

Para tener una aproximación de la aceptación social frente a la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises en vivienda, se diseñará un cuestionario que permita tener indicios del comportamiento de este factor.

Debido a la limitación de recursos para realizar un muestreo probabilístico, la consultante y su director de investigación acuerdan realizar el estudio solo en un conjunto residencial con el que se ha hecho un previo acuerdo para la aplicación de dicho cuestionario.

Para el adecuado diseño del cuestionario se proponen modificaciones iniciales y la aplicación de una prueba piloto para verificar la construcción inicial del mismo.

Palabras Clave

Reutilización de aguas grises, muestreo no probabilístico, aceptación social, cuestionario.

1.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad de la aplicación de un sistema para la regeneración y reutilización de aguas grises en las nuevas construcciones para vivienda en Bogotá DC.

1.1.1. Objetivos específicos

- Establecer una guía de uso para la implementación de un sistema para la regeneración y reutilización de aguas grises.
- Determinar los costos de inversión inicial, instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento del sistema, así como el ahorro para el usuario directo y la ciudad.
- Identificar el impacto ambiental que genera la implementación de un sistema regenerador.
- Definir el nivel de aceptación social con respecto al uso de aguas grises regeneradas, causas y factores de las diferentes posiciones.

Necesidades del Investigador El consultante solicita lo siguiente:

- Diseño muestral.
- Revisión y construcción del cuestionario.
- Análisis de la información obtenida tras la aplicación total del cuestionario.

1.2. Metodología Estadística a Emplear

1.2.1. Diseño muestral

La investigación se limitó a un único conjunto residencial por lo cual se descartó el diseño de un muestreo probabilístico. En consecuencia, se empleó un diseño no probabilístico que se define como una técnica de muestreo que se emplea cuando no se tiene acceso a una lista completa de los individuos que forman la población (marco muestral) y, por lo tanto, no conocemos la probabilidad de que cada individuo sea seleccionado para la muestra. Otra de las razones por la cual se utiliza este tipo de muestreo se debe a que la mayoría de los investigadores tienen limitaciones temporales, monetarias y de mano de obra por las cuales se dificulta tomar una muestra aleatoria de toda la población.

La principal consecuencia de esta falta de información es que los resultados no se pueden generalizar con precisión estadística. En otras palabras, es erróneo hacer generalizaciones respecto de toda la población. Por lo anterior se emplea un muestreo por conveniencia, el cual consiste en seleccionar una muestra de la población por el hecho de ser accesible. Es decir, los individuos empleados en la investigación se seleccionan porque están disponibles y son fácilmente accesibles, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico.

1.2.2. Revisión y construcción del cuestionario.

Se realizó una revisión inicial del cuestionario que propone la consultante. Se hace una modificación al formato y a la estructura del mismo que son necesarias según el criterio de las consultoras. Se propuso posteriormente la realización de la prueba piloto para verificar el cuestionario y tras su aplicación se realizan las modificaciones pertinentes para que el cuestionario sea aplicado en la población objetivo.

1.3. Resultados

El cuestionario inicialmente propuesto por la consultante se puede ver en el Anexo 2. Tras las primeras correcciones y los ajustes hechos después de la prueba piloto se ajustó el siguiente formulario:

Formulario Optimización del Recurso Hídrico en Viviendas																												
<p>Esta encuesta es realizada y aplicada por estudiantes de la Universidad Nacional, con el objetivo de evaluar la aceptación social que podría tener la implementación de sistemas de reutilización de aguas grises en el lugar de residencia. La información aquí suministrada será estrictamente confidencial y de uso académico. Esta encuesta hace parte de la investigación desarrollada en la tesis para optar por el título de Magister en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Agradecemos su participación.</p>																												
Programa: Maestría en Construcción - Facultad de Artes	Autor: Anny Galeano Díaz Director: M.Sc. David Zamora																											
Cuestionario número: <input type="text"/>	Encuestador: <input type="text"/>																											
I. Características del encuestado																												
Nombre: <input type="text"/> Edad: <input type="text"/> Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M Barrio: <input type="text"/> Localidad: <input type="text"/> Estrato: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6	1. ¿Cuál es su nivel de estudios?: <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Completo</td> <td>Incompleto</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Primaria</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Secundaria</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Técnico, Tecnólogo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>Pregrado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>Posgrado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1.6</td> <td>Otro</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> ¿Cuál? <input type="text"/>		Completo	Incompleto	1.1	Primaria	<input type="checkbox"/>	1.2	Secundaria	<input type="checkbox"/>	1.3	Técnico, Tecnólogo	<input type="checkbox"/>	1.4	Pregrado	<input type="checkbox"/>	1.5	Posgrado	<input type="checkbox"/>	1.6	Otro	<input type="checkbox"/>						
	Completo	Incompleto																										
1.1	Primaria	<input type="checkbox"/>																										
1.2	Secundaria	<input type="checkbox"/>																										
1.3	Técnico, Tecnólogo	<input type="checkbox"/>																										
1.4	Pregrado	<input type="checkbox"/>																										
1.5	Posgrado	<input type="checkbox"/>																										
1.6	Otro	<input type="checkbox"/>																										
2. ¿Cuál es su principal ocupación? <table border="0"> <tr> <td>2.1</td> <td>Estudiante</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Empleado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Trabajador independiente</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.4</td> <td>Cuidado del hogar</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>Desempleado</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2.6</td> <td>Otro</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	2.1	Estudiante	<input type="checkbox"/>	2.2	Empleado	<input type="checkbox"/>	2.3	Trabajador independiente	<input type="checkbox"/>	2.4	Cuidado del hogar	<input type="checkbox"/>	2.5	Desempleado	<input type="checkbox"/>	2.6	Otro	<input type="checkbox"/>	3. El lugar de residencia es: <table border="0"> <tr> <td>3.1</td> <td>Propio</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.2</td> <td>Arriendo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3.3</td> <td>Otro</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> ¿Cuál? <input type="text"/>	3.1	Propio	<input type="checkbox"/>	3.2	Arriendo	<input type="checkbox"/>	3.3	Otro	<input type="checkbox"/>
2.1	Estudiante	<input type="checkbox"/>																										
2.2	Empleado	<input type="checkbox"/>																										
2.3	Trabajador independiente	<input type="checkbox"/>																										
2.4	Cuidado del hogar	<input type="checkbox"/>																										
2.5	Desempleado	<input type="checkbox"/>																										
2.6	Otro	<input type="checkbox"/>																										
3.1	Propio	<input type="checkbox"/>																										
3.2	Arriendo	<input type="checkbox"/>																										
3.3	Otro	<input type="checkbox"/>																										
II. Conocimientos																												
4. ¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas? <table border="0"> <tr> <td>4.1</td> <td>Si</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>¿Cuál? <input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>4.2</td> <td>No</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>	4.1	Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál? <input type="text"/>	4.2	No	<input type="checkbox"/>		5. ¿Sabe usted qué son las aguas grises? <table border="0"> <tr> <td>5.1</td> <td>Si</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5.2</td> <td>No</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	5.1	Si	<input type="checkbox"/>	5.2	No	<input type="checkbox"/>													
4.1	Si	<input type="checkbox"/>	¿Cuál? <input type="text"/>																									
4.2	No	<input type="checkbox"/>																										
5.1	Si	<input type="checkbox"/>																										
5.2	No	<input type="checkbox"/>																										
III. Contextualización																												
<p>Las aguas grises son las aguas residuales principalmente provenientes de lavadoras, lavamanos y duchas, estas pueden ser reutilizadas para la descarga de sanitarios, riego y limpieza. Los sistemas mecánicos para la depuración y reutilización de las aguas grises presentan:</p> <table border="0"> <tr> <td> Ventajas <ul style="list-style-type: none"> * Reducción aproximadamente de un 90% de contaminantes * Disminución de un 40% en el costo en las facturas de acueducto * Recuperación de lo invertido en 8 años (Aproximado) </td> <td> Desventajas <ul style="list-style-type: none"> * Malos olores (falta de mantenimiento) * Color desagradable (puede ser manejado a través de tintes) * Aumento en pago de cuota de administración de 5 a 10% (mantenimiento y consumo eléctrico) </td> </tr> </table>		Ventajas <ul style="list-style-type: none"> * Reducción aproximadamente de un 90% de contaminantes * Disminución de un 40% en el costo en las facturas de acueducto * Recuperación de lo invertido en 8 años (Aproximado) 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> * Malos olores (falta de mantenimiento) * Color desagradable (puede ser manejado a través de tintes) * Aumento en pago de cuota de administración de 5 a 10% (mantenimiento y consumo eléctrico) 																									
Ventajas <ul style="list-style-type: none"> * Reducción aproximadamente de un 90% de contaminantes * Disminución de un 40% en el costo en las facturas de acueducto * Recuperación de lo invertido en 8 años (Aproximado) 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> * Malos olores (falta de mantenimiento) * Color desagradable (puede ser manejado a través de tintes) * Aumento en pago de cuota de administración de 5 a 10% (mantenimiento y consumo eléctrico) 																											
IV. Prácticas																												
6. ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia? <table border="0"> <tr> <td>6.1</td> <td>Si</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6.2</td> <td>No</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> (Si la respuesta es "No" pase a la pregunta 8)	6.1	Si	<input type="checkbox"/>	6.2	No	<input type="checkbox"/>	7. Indique de qué forma reutiliza las aguas grises: <table border="0"> <tr> <td>7.1</td> <td>Mediante sistema mecánicos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>7.2</td> <td>Recolección y aplicación manual</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>7.3</td> <td>Otro</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> Cual?: <input type="text"/>	7.1	Mediante sistema mecánicos	<input type="checkbox"/>	7.2	Recolección y aplicación manual	<input type="checkbox"/>	7.3	Otro	<input type="checkbox"/>												
6.1	Si	<input type="checkbox"/>																										
6.2	No	<input type="checkbox"/>																										
7.1	Mediante sistema mecánicos	<input type="checkbox"/>																										
7.2	Recolección y aplicación manual	<input type="checkbox"/>																										
7.3	Otro	<input type="checkbox"/>																										
8. ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia? <table border="0"> <tr> <td>8.1</td> <td>Disminución en el costo de la factura del agua</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>8.2</td> <td>Contribuir a la conservación del recurso natural</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>8.3</td> <td>Generar conciencia a sus amigos y familiares</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>8.4</td> <td>Socialmente está bien visto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	8.1	Disminución en el costo de la factura del agua	<input type="checkbox"/>	8.2	Contribuir a la conservación del recurso natural	<input type="checkbox"/>	8.3	Generar conciencia a sus amigos y familiares	<input type="checkbox"/>	8.4	Socialmente está bien visto	<input type="checkbox"/>	9. Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su: <table border="0"> <tr> <td>9.1</td> <td>Residencia</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>9.2</td> <td>Edificio</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>9.3</td> <td>Barrio</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>9.4</td> <td>Ciudad</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	9.1	Residencia	<input type="checkbox"/>	9.2	Edificio	<input type="checkbox"/>	9.3	Barrio	<input type="checkbox"/>	9.4	Ciudad	<input type="checkbox"/>			
8.1	Disminución en el costo de la factura del agua	<input type="checkbox"/>																										
8.2	Contribuir a la conservación del recurso natural	<input type="checkbox"/>																										
8.3	Generar conciencia a sus amigos y familiares	<input type="checkbox"/>																										
8.4	Socialmente está bien visto	<input type="checkbox"/>																										
9.1	Residencia	<input type="checkbox"/>																										
9.2	Edificio	<input type="checkbox"/>																										
9.3	Barrio	<input type="checkbox"/>																										
9.4	Ciudad	<input type="checkbox"/>																										

Figura 1: Versión final de formulario para recolección de información

IV. Opinión	
10. ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas? (Puede seleccionar varias opciones)	11. ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría? (Ver imagen adjunta)
10.1 Descarga de aparatos sanitarios <input type="checkbox"/> 10.2 Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos) <input type="checkbox"/> 10.3 Lavado de carros <input type="checkbox"/> 10.4 Sistemas contra incendios <input type="checkbox"/> 10.5 Limpieza de calles <input type="checkbox"/>	11.1 Ninguna <input type="checkbox"/> 11.2 Baja <input type="checkbox"/> 11.3 Media <input type="checkbox"/> 11.4 Alta <input type="checkbox"/>
12. ¿En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?	13. De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?
12.1 Ninguna <input type="checkbox"/> 12.2 Baja <input type="checkbox"/> 12.3 Media <input type="checkbox"/> 12.4 Alta <input type="checkbox"/>	13.1 Si <input type="checkbox"/> 13.2 No <input type="checkbox"/>
14. Bajo el supuesto de estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:	15. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)
14.1 Contratar el sistema usted mismo <input type="checkbox"/> 14.2 Que el sistema esté instalado previamente <input type="checkbox"/>	15.1 Menos de \$1.000.000 <input type="checkbox"/> 15.2 \$1.000.000 a \$2.000.000 <input type="checkbox"/> 15.3 Más de \$2.000.000 <input type="checkbox"/>
Observaciones al respaldo de la hoja (Este espacio lo diligencia el encuestador)	

Figura 2: Versión final de formulario para recolección de información (Continuación)



Figura 3: Tabla de color pregunta 11: Ninguna tonalidad a tonalidad alta (de izquierda a derecha)

1.4. Análisis descriptivo de los datos.

Aplicación total del cuestionario

El cuestionario final se dividió en 5 componentes. A continuación se presenta la descripción de cada una de ellos.

1.4.1. Características del encuestado

Se encuestaron 147 personas, residentes del Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, la cual tiene 186 casas, estrato tres, en el barrio Hayuelos, UPZ No 115 Capellanía, Localidad No 9 Fontibón.

- a) Sexo: De la totalidad de las personas encuestadas, el 55,10 % son mujeres (81 mujeres) y el 44,90 % son hombres (66 hombres).

b) Edad:

En la Figura 4 se puede observar que el rango de edad es muy amplio. El intervalo que mayor frecuencia tiene comprende población joven entre los 20 y 25 años, los intervalos de menor frecuencia son aquellos personas que están entre los 50 y 60 años, seguido de aquellos que se encuentran entre los 65 y 72 años. En general la población que mayor se encuestó son menores de 40 años.

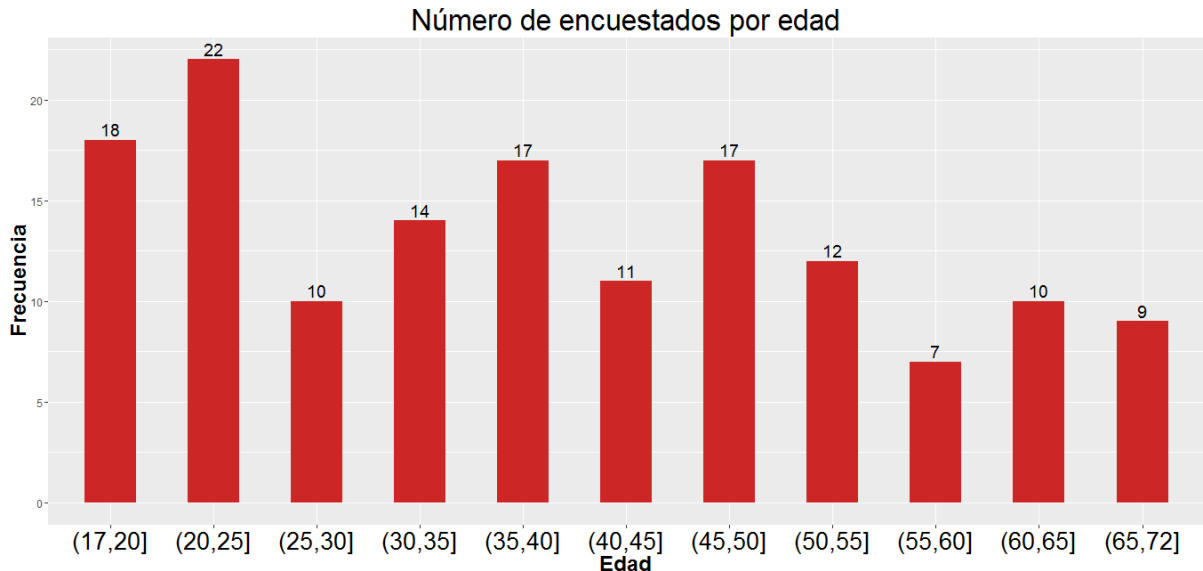


Figura 4: Número de encuestados por grupo quinquenal de edad. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

c) Nivel educativo y ocupación del grupo encuestado:

En la Figura 5 se puede ver la cantidad de personas encuestadas según el nivel educativo más alto alcanzado y la ocupación en que se encuentran. Se observa que el nivel educativo Pregrado Completo es el que mayor cantidad de personas encuestadas tiene (38 personas), seguido de Técnico, Tecnólogo completo (36 personas) y secundaria completa (36 personas). A su vez vemos que dentro del nivel pregrado completo la ocupación de mayor frecuencia es empleados (23 personas) y trabajador independiente (7 personas). En general la mayoría de los encuestados son empleados o trabajadores independientes. Hacia menor nivel educativo el grupo encuestado corresponde a estudiantes, por otro lado, hacia niveles mayores, el grupo de empleados aumenta. Del nivel secundaria completo la mayoría se encuentran como trabajadores independientes o estudiantes, mientras en el nivel tecnólogo completo la mayoría son empleados y trabajadores independientes. Los niveles de menor frecuencia son primaria completo y posgrado completo, en donde la ocupación en que se encuentran son cuidado del hogar y trabajador independiente respectivamente.

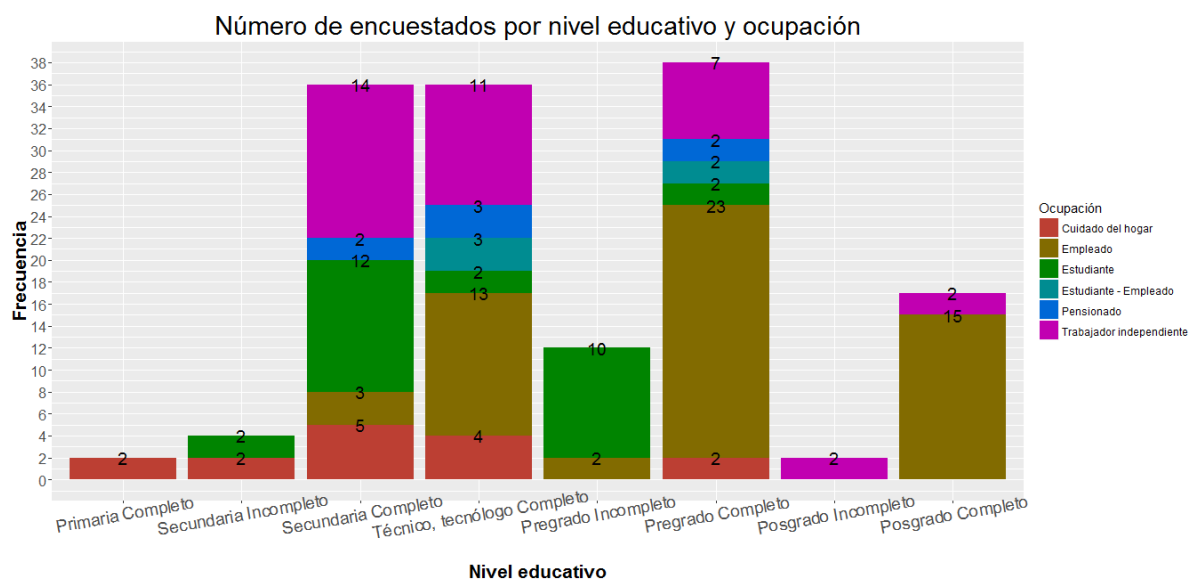


Figura 5: Número de encuestados por nivel educativo y por ocupación. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

d) Tipo de residencia.

En la Figura 17 se observa que la mayoría de los encuestados tienen vivienda propia, solo 10 de los 147 personas viven en vivienda familiar

Número de personas por tipo de residencia

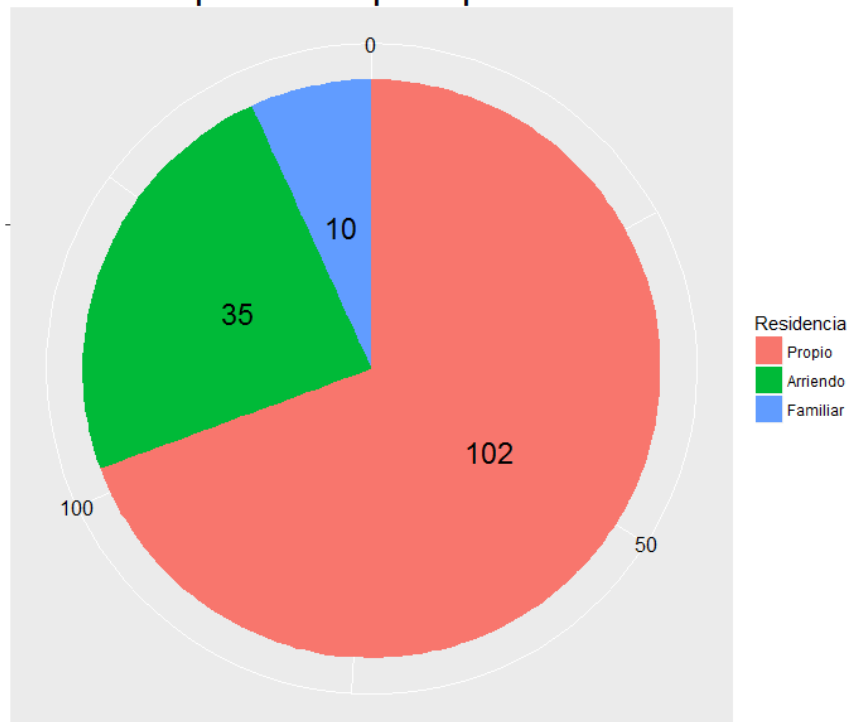


Figura 6: Número de personas por tipo de residencia. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

1.4.2. Conocimientos

Los conocimientos en cuanto a la reutilización de aguas grises se evaluaron por medio de dos preguntas, una de ellas (pregunta 4 del cuestionario) relacionada con el conocimiento de algún sistema para la reutilización de aguas, la restante, relacionada con el conocimiento del concepto de aguas residuales (Pregunta 5 del cuestionario). De acuerdo a los resultados 86 personas dijeron conocer algún sistema de reutilización, de las cuales 58 son mujeres y el resto son hombres, quienes contestaron no conocer algún sistema de reutilización, se observa que 23 son mujeres y 38 son hombres.

Se observa además, que 106 dijeron no saber qué son las aguas grises, mientras 39 respondieron de forma afirmativa. De las 147, 2 personas no dieron respuesta a esta pregunta.

Según los resultados en las dos preguntas se puede ver que el número de personas quienes contestaron saber de algún sistema para la reutilización de aguas, no es el mismo número de aquellos que dijeron saber que son las aguas grises. A continuación en el Cuadro 1.4.2 y 1.4.2 se hace una clasificación de las respuestas a las preguntas ya mencionadas, según la variable sexo y el nivel educativo.

¿Conoce algún sistema para reutilización de aguas?						
Nivel educativo / Sexo	Sí		No		Total general	
	Frec	%	Frec	%	Frec	%
Primaria Completo	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Femenino	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Secundaria Incompleto	4	2,72 %	0	0,00 %	4	2,72 %
Femenino	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Masculino	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Secundaria Completo	18	12,24 %	18	12,24 %	36	24,49 %
Femenino	12	8,16 %	3	2,04 %	15	10,20 %
Masculino	6	4,08 %	15	10,20 %	21	14,29 %
Técnico, tecnólogo Completo	26	17,69 %	10	6,80 %	36	24,49 %
Femenino	16	10,88 %	4	2,72 %	20	13,61 %
Masculino	10	6,80 %	6	4,08 %	16	10,88 %
Pregrado Incompleto	2	1,36 %	10	6,80 %	12	8,16 %
Femenino		0,00 %	2	1,36 %	2	1,36 %
Masculino	2	1,36 %	8	5,44 %	10	6,80 %
Pregrado Completo	18	12,24 %	20	13,61 %	38	25,85 %
Femenino	16	10,88 %	11	7,48 %	27	18,37 %
Masculino	2	1,36 %	9	6,12 %	11	7,48 %
Posgrado Incompleto	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Femenino	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Posgrado Completo	14	9,52 %	3	2,04 %	17	11,56 %
Femenino	8	5,44 %	3	2,04 %	11	7,48 %
Masculino	6	4,08 %	0	0,00 %	6	4,08 %
Total general	86	58,50 %	61	41,50 %	147	100,00 %

Cuadro 1: Tabla de frecuencias para pregunta 4 por nivel educativo y sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

¿Sabe usted qué son las aguas grises?								
Nivel educativo / Sexo	Sí		No		No rta		Total	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Primaria Completo	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Femenino	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Secundaria Incompleto	2	1,36 %	2	1,36 %	0	0,00 %	4	2,72 %
Femenino	2	1,36 %	0	0,00 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Masculino	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Secundaria Completo	8	5,44 %	28	19,05 %	0	0,00 %	36	24,49 %
Femenino	2	1,36 %	13	8,84 %	0	0,00 %	15	10,20 %
Masculino	6	4,08 %	15	10,20 %	0	0,00 %	21	14,29 %
Técnico, tecnólogo Completo	9	6,12 %	25	17,01 %	2	1,36 %	36	24,49 %
Femenino	2	1,36 %	16	10,88 %	2	1,36 %	20	13,61 %
Masculino	7	4,76 %	9	6,12 %	0	0,00 %	16	10,88 %
Pregrado Incompleto	2	1,36 %	10	6,80 %	0	0,00 %	12	8,16 %
Femenino	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Masculino	2	1,36 %	8	5,44 %	0	0,00 %	10	6,80 %
Pregrado Completo	10	6,80 %	28	19,05 %	0	0,00 %	38	25,85 %
Femenino	6	4,08 %	21	14,29 %	0	0,00 %	27	18,37 %
Masculino	4	2,72 %	7	4,76 %	0	0,00 %	11	7,48 %
Posgrado Incompleto	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Femenino	0	0,00 %	2	1,36 %	0	0,00 %	2	1,36 %
Posgrado Completo	8	5,44 %	9	6,12 %	0	0,00 %	17	11,56 %
Femenino	6	4,08 %	5	3,40 %	0	0,00 %	11	7,48 %
Masculino	2	1,36 %	4	2,72 %	0	0,00 %	6	4,08 %
Total general	39	26,53 %	106	72,11 %	2	1,36 %	147	100 %

Cuadro 2: Tabla de frecuencias para pregunta 5 por nivel educativo y sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

De las 86 personas que dijeron sí a la pregunta 4 del cuestionario, la mayoría tienen secundaria completo (18) y pregrado completo (18), mientras aquellos que dijeron no a la pregunta, la mayoría tienen pregrado completo (20) y secundaria completo (18). Para la pregunta 5 del cuestionario de los 39 que dijeron sí, 10 personas tienen pregrado, 9 técnico, tecnólogo completo, 8 secundaria completo y el resto se ubica en los otros niveles de educación con frecuencias más bajas. De las 106 personas que dijeron no a esta pregunta, la mayoría al igual que para la respuesta sí son de pregrado completo (28), técnico, tecnólogo completo (25) y secundaria completo (28).

1.4.3. Contextualización

En este espacio se realizó una definición del término Aguas grises, junto con las ventajas y desventajas de los sistemas que tratan este tipo de aguas. Este apartado se realizó con el fin de unificar conocimientos y perspectivas referentes al tema en cuestión de tal forma que las respuestas a los 2 últimos componentes presentaran la menor cantidad de sesgos por desconocimiento del tema.

1.4.4. Prácticas

En este componente se realizaron 4 preguntas las cuales se presentan a continuación:

- P_6: ¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?
 - Sí
 - No
- P_7: Indique de qué forma reutiliza las aguas grises:

- P_7.1: Mediante sistema mecánicos
- P_7.2: Recolección y aplicación manual
- P_7.3: otro

En la tabla 3 que se muestra a continuación, se resumen las frecuencias de las preguntas 6 y 7 del cuestionario aplicado. Se hizo de esta manera debido a que la respuesta de la pregunta 7 dependía de si el encuestado había contestado afirmativamente a la pregunta de reutilización de aguas grises. De esta manera se puede ver que 68 % de las personas encuestadas reutiliza aguas grises en su lugar de residencia y de estas 100 personas que contestaron afirmativamente, 99 lo hacen por medio de la recolección y aplicación manual. Por otro lado, 47 de las 147 personas encuestadas (32 %) dijeron no reutilizar aguas grises en su lugar de residencia. Además, la mayoría de las personas que respondieron que sí reutilizaban aguas grises, tienen un nivel educativo de secundaria completo y pregrado completo y son mujeres; en contraste, se tiene que la mayoría de quienes respondieron que no, son hombres y presentan estos mismos niveles educativos.

Cuadro 3: Tabla de frecuencias para preguntas 6 y 7

	¿Reutiliza aguas grises en su lugar de residencia?								Total	
	Sí						No			
Indique de qué forma utiliza las aguas grises	Mediante sistemas mecanicos		Recolección y aplicación manual		Total sí		No Aplica			
Nivel educativo / Sexo	Frec.	%	Frec.	%	Frec	%	Frec	%	Frec	%
Primaria Completo	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Femenino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Secundaria Incompleto	0	0 %	4	2,7 %	4	2,7 %	0	0 %	4	2,7 %
Femenino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Masculino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Secundaria Completo	0	0 %	28	19,0 %	28	19,0 %	8	5,4 %	36	24,5 %
Femenino	0	0 %	13	8,8 %	13	8,8 %	2	1,4 %	15	10,2 %
Masculino	0	0 %	15	10,2 %	15	10,2 %	6	4,1 %	21	14,3 %
Técnico, tecnólogo Completo	1	0 %	21	14,3 %	22	15,0 %	14	9,5 %	36	24,5 %
Femenino	0	0 %	12	8,2 %	12	8,2 %	8	5,4 %	20	13,6 %
Masculino	1	0,68 %	9	6,1 %	10	6,8 %	6	4,1 %	16	10,9 %
Pregrado Incompleto	0	0 %	4	2,7 %	4	2,7 %	8	5,4 %	12	8,2 %
Femenino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Masculino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	8	5,4 %	10	6,8 %
Pregrado Completo	0	0 %	27	18,4 %	27	18,4 %	11	7,5 %	38	25,9 %
Femenino	0	0 %	22	15 %	22	15,0 %	5	3,4 %	27	18,4 %
Masculino	0	0 %	5	3,4 %	5	3,4 %	6	4,1 %	11	7,5 %
Posgrado Incompleto	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Femenino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	0	0 %	2	1,4 %
Posgrado Completo	0	0 %	11	7,5 %	11	7,5 %	6	4,1 %	17	11,6 %
Femenino	0	0 %	9	6,1 %	9	6,1 %	2	1,4 %	11	7,5 %
Masculino	0	0 %	2	1,4 %	2	1,4 %	4	2,7 %	6	4,1 %
Total general	1	0,68 %	99	67,3 %	100	68 %	47	32 %	147	100 %

- P_8: ¿Cuál sería su principal motivación para reutilizar aguas grises en su lugar de residencia? con las siguientes opciones de respuesta:
 - P_8.1: Disminución en el costo de la factura del agua
 - P_8.2: Contribuir a la conservación del recurso natural
 - P_8.3: Generar conciencia a sus amigos y familiares
 - P_8.4: Socialmente está bien visto

Las Figuras 7 y 8, muestran que la principal motivación por la cual los encuestados reutilizarían aguas grises, es la disminución en el costo de la factura del agua, seguida por el hecho de contribuir

con la conservación del recurso natural. De quienes respondieron por la categoría más frecuente, como lo muestra la figura 7, tienen en su mayoría nivel educativo pregrado completo, seguido del nivel secundaria completa y técnico o tecnológico completo. Quienes respondieron tener como principal motivación la contribución a la conservación del recurso natural tienen el nivel educativo más alto, posgrado completo, seguido de pregrado completo.

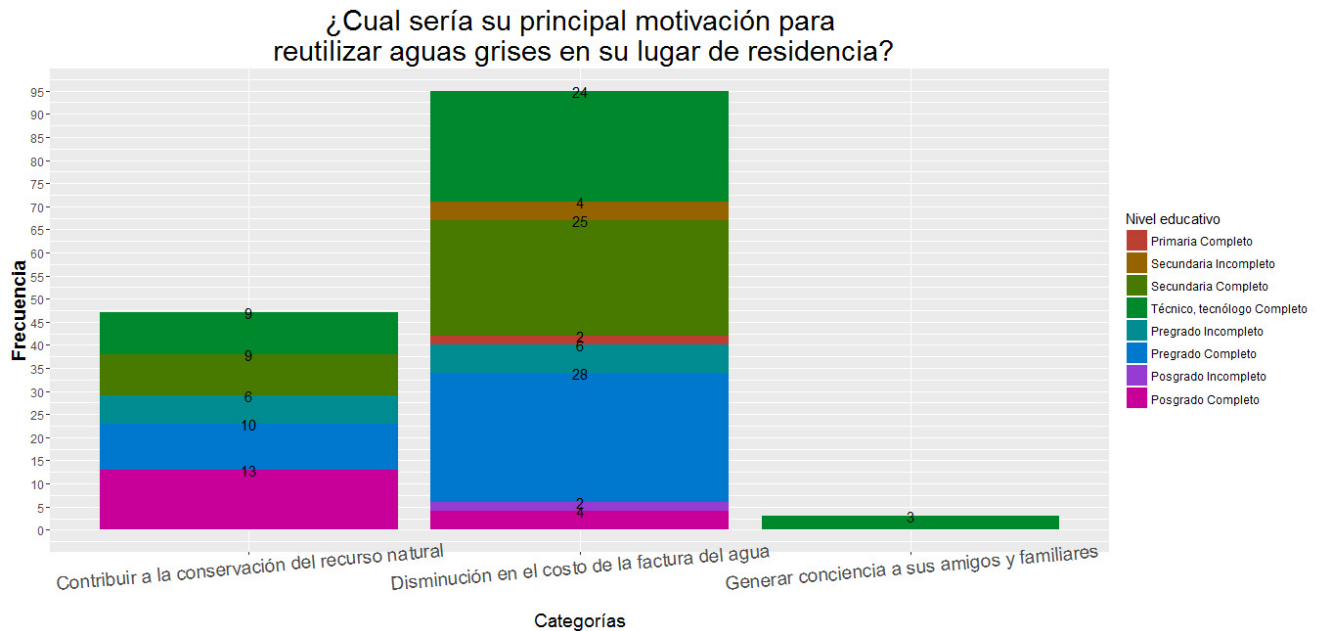


Figura 7: Frecuencias pregunta 8 por nivel educativo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Ha-yuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

Debido a que la mayoría de los encuestados son mujeres, en esta pregunta se ve una proporción similar de mujeres y hombres por respuesta, a excepción de la motivación “generar conciencia en sus amigos familiares”, elegida únicamente por tres mujeres encuestadas como se evidencia en la figura 7.

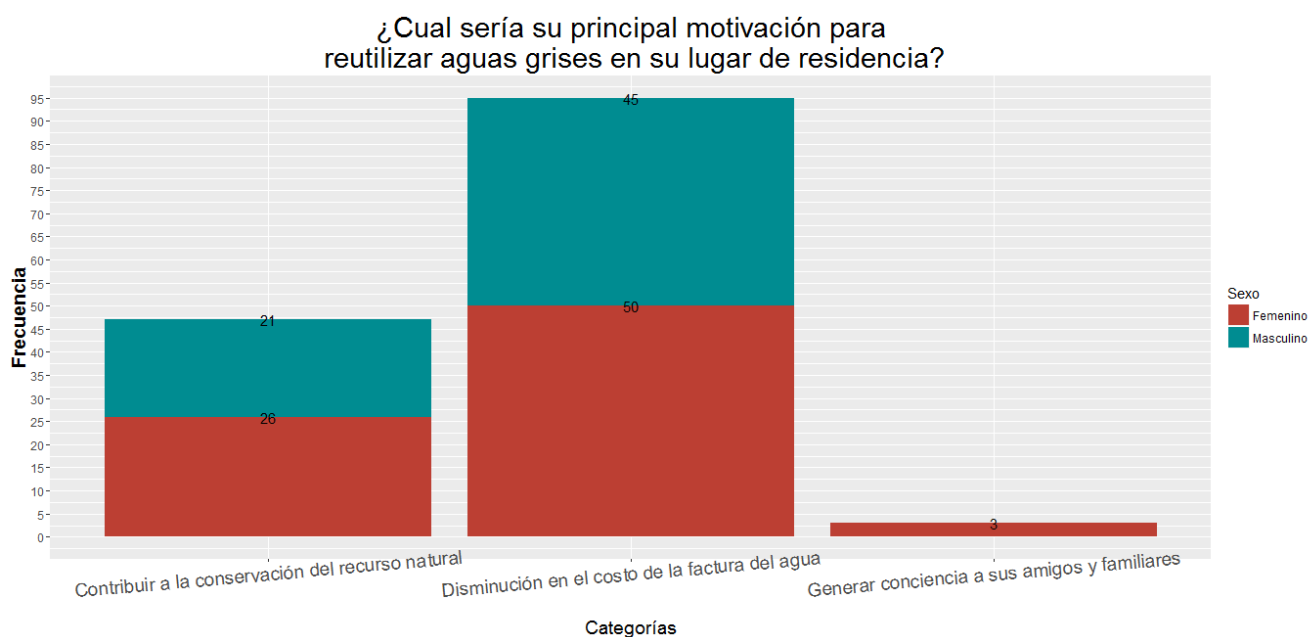


Figura 8: Frecuencias pregunta 8 por sexo

■ P_9: Según su preferencia, usted reutilizaría agua originada en su:

- P_9.1:Residencia
- P_9.2:P9Edificio
- P_9.3: Barrio
- P_9.4:Ciudad

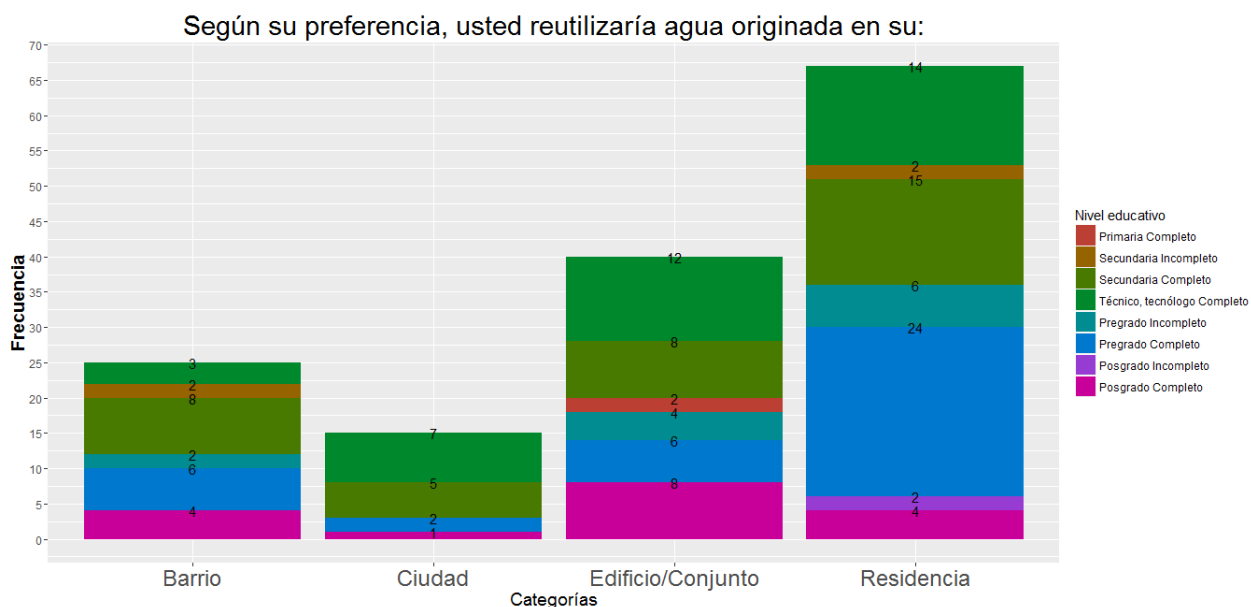


Figura 9: Frecuencias pregunta 9 por nivel educativo

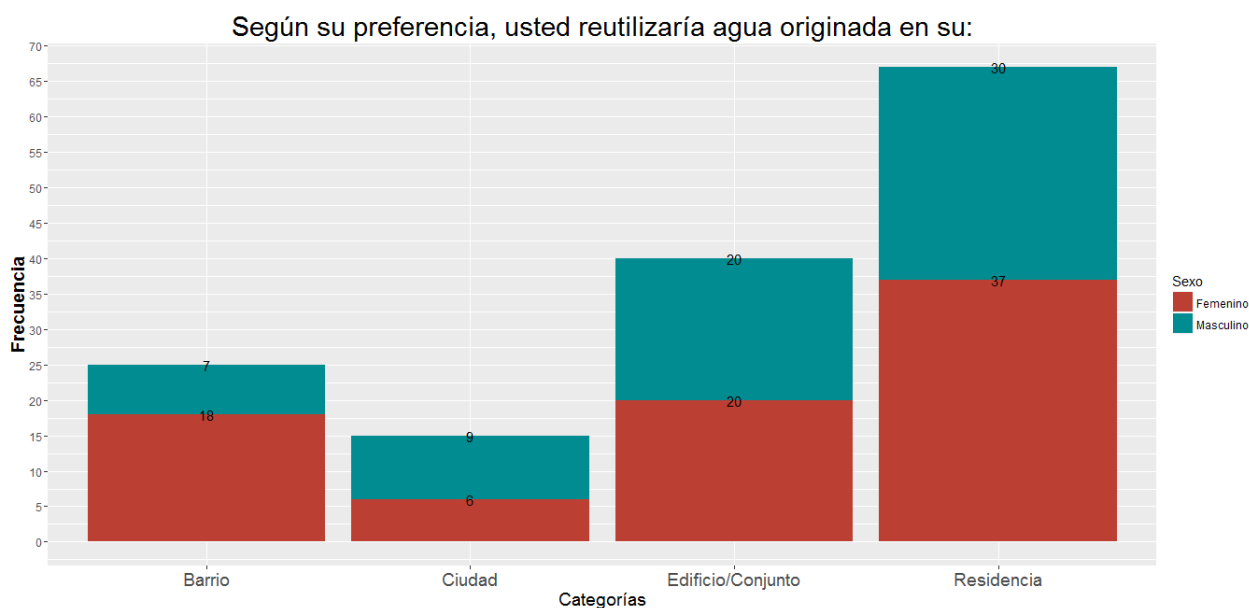


Figura 10: Frecuencias pregunta 9 por sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

En las figuras 9 y 10 se encuentran las frecuencias de las categorías que toma la pregunta 9 del formulario según el sexo y el nivel educativo, en ambas figuras se observa que la mayoría de los encuestados prefieren reutilizar agua originada del lugar de residencia, seguido del edificio o conjunto donde vive. En la figura 9 de los 67 que respondieron residencia como lugar de preferencia para reutilizar agua 24 de ellos son de nivel educativo pregrado completo, mientras solo 2 encuestados dicen tener un nivel educativo primaria completo o posgrado incompleto. Se observa en la figura 10 que tanto hombres como mujeres tienden a responder igual en esta categoría. Para los que respondieron barrio como lugar de preferencia para reutilizar agua 18 son mujeres y 7 son hombres.

1.5. Opinión

En este componente se realizaron 8 preguntas :

- P_10 ¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas?
 - P_10.1: Descarga de aparatos sanitarios
 - P_10.2: Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)
 - P_10.3: Lavado de carros
 - P_10.4: Sistemas contra incendios
 - P_10.5: Limpieza de calles

Cuadro 4: Tabla de frecuencias pregunta 10. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

¿En cuáles de las siguientes actividades está de acuerdo con el uso de aguas grises reutilizadas?				
Categorías	Sí		No	
	Frec.	%	Frec.	%
Descarga de aparatos sanitarios	117	79,59 %	30	20,41 %
Riego de zonas verdes	87	59,18 %	60	40,82 %
Lavado de carros	99	67,35 %	48	32,65 %
Sistemas contra incendios	90	61,22 %	57	38,78 %
Limpieza de calles	100	68,03 %	47	31,97 %

Debido a que la pregunta 10 tenía la opción de elegir más de una categoría, los conteos de cada una de estas categorías se hace sobre la totalidad de los encuestados, 147 personas. De esta manera, en la tabla 4 se presenta para cada categoría el porcentaje y la frecuencia de selección de las personas. Se puede ver que la descarga de aparatos sanitarios es la categoría con la cual la mayoría de los encuestados están de acuerdo, donde 117 personas respondieron que sí y 30 que no. En contraste, el riego de zonas verdes con aguas grises reutilizadas, seguido de Sistemas contra incendios es la que mayor proporción de encuestados en desacuerdo tiene, correspondiente al 40,82 %.

- P_11: ¿Si usara agua tratada en su sanitario, hasta qué tonalidad de color permitiría?

- P_11.1: Ninguna
- P_11.2: Baja
- P_11.3: Media
- P_11.4: Alta

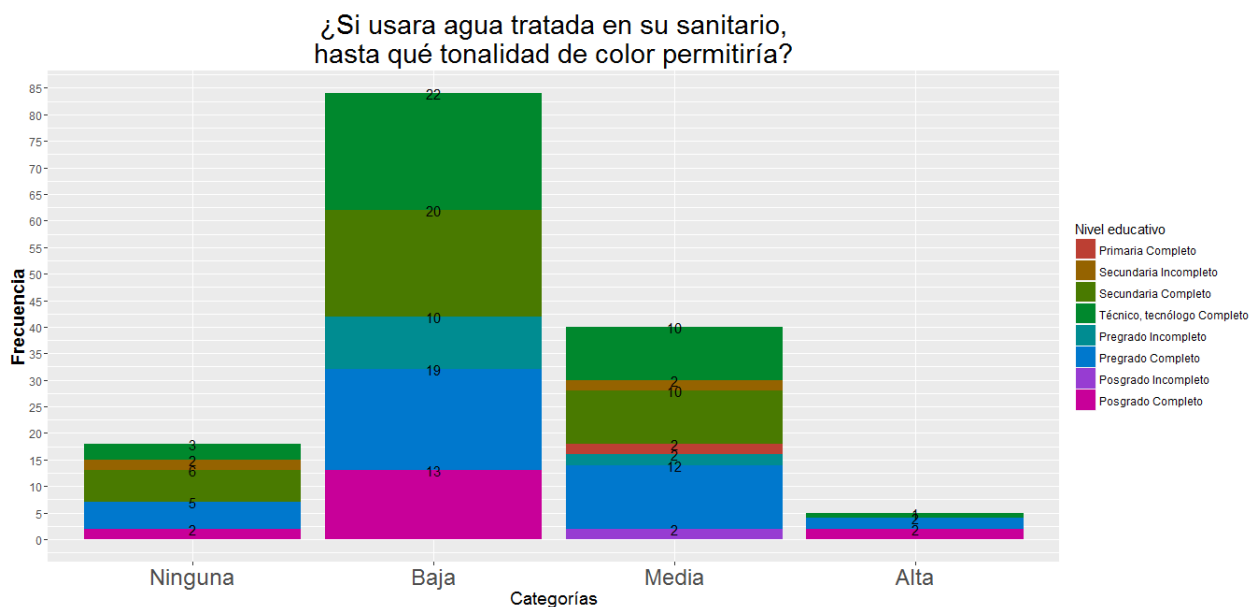


Figura 11: Frecuencias pregunta 11 por nivel educativo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

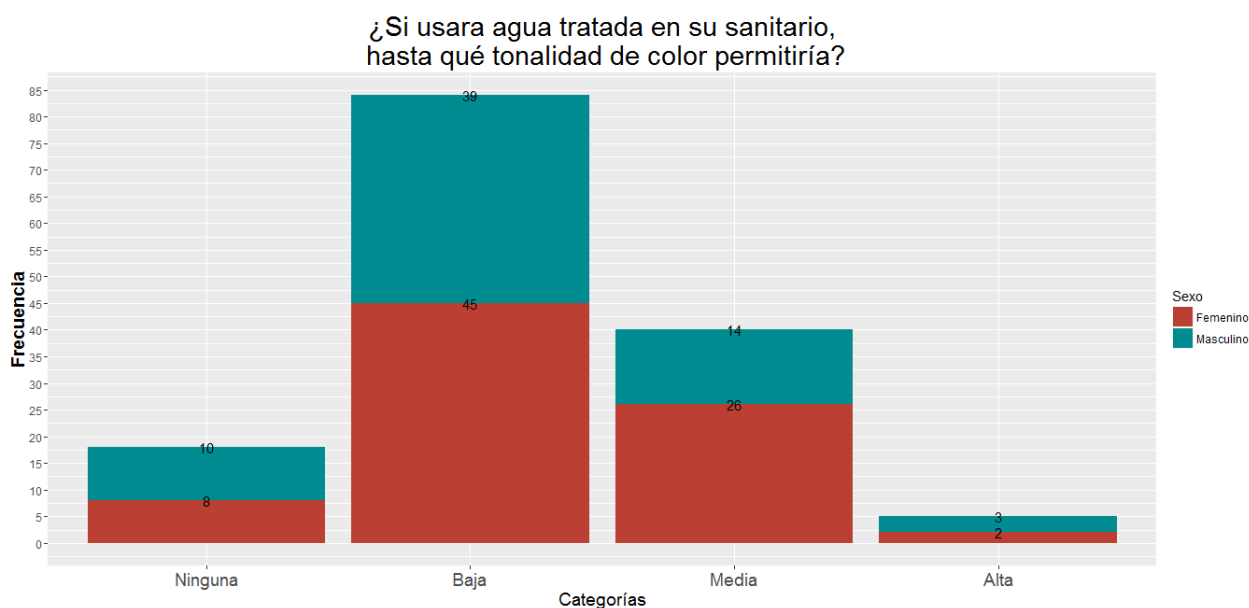


Figura 12: Frecuencias pregunta 11 por sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

En las figuras 11 y 12 se encuentran las frecuencias de las categorías que toma la pregunta 11 del formulario según el sexo y el nivel educativo. Se observa que la categoría más frecuente es baja (84), es decir la tonalidad de color permitida en el agua reutilizada, seguido se encuentra la categoría media (40), se observa además que dentro de los que contestaron a la categoría baja, 20 tienen un nivel educativo técnico, tecnólogo completo, 19 tienen un nivel de pregrado completo. En la figura 12 se observa que para cada categoría tanto hombres como mujeres contestan muy parecidos, ya que por ejemplo para aquellos que respondieron alta como tonalidad de color permitida en el agua reutilizada, 3 son hombres y 2 son mujeres.

- P_12: ¿ En qué nivel toleraría usted los olores que el agua tratada pudiera presentar?
 - P_12.1:Ninguna
 - P_12.2:Baja
 - P_12.3:Media
 - P_12.4:Alta

Las figuras 13 y 14 muestran que los encuestados en su gran mayoría no tendrían tolerancia por los posibles olores provenientes del agua tratada o tendrían una tolerancia muy baja con frecuencias de 73 y 63 encuestados correspondientemente. Ahora bien, se ve en la Figura 13 que las proporciones de encuestados según el nivel de estudios es muy similar en las dos primeras categorías, donde la mayoría tienen un nivel educativo pregrado completo y secundaria completa. Quienes tendrían una tolerancia media corresponden a los encuestados con nivel educativo técnico o tecnológico completo, primaria completa, pregrado completo y posgrado completo con frecuencias de 2 a excepción de la primera mencionada, que tiene una frecuencia de 3.

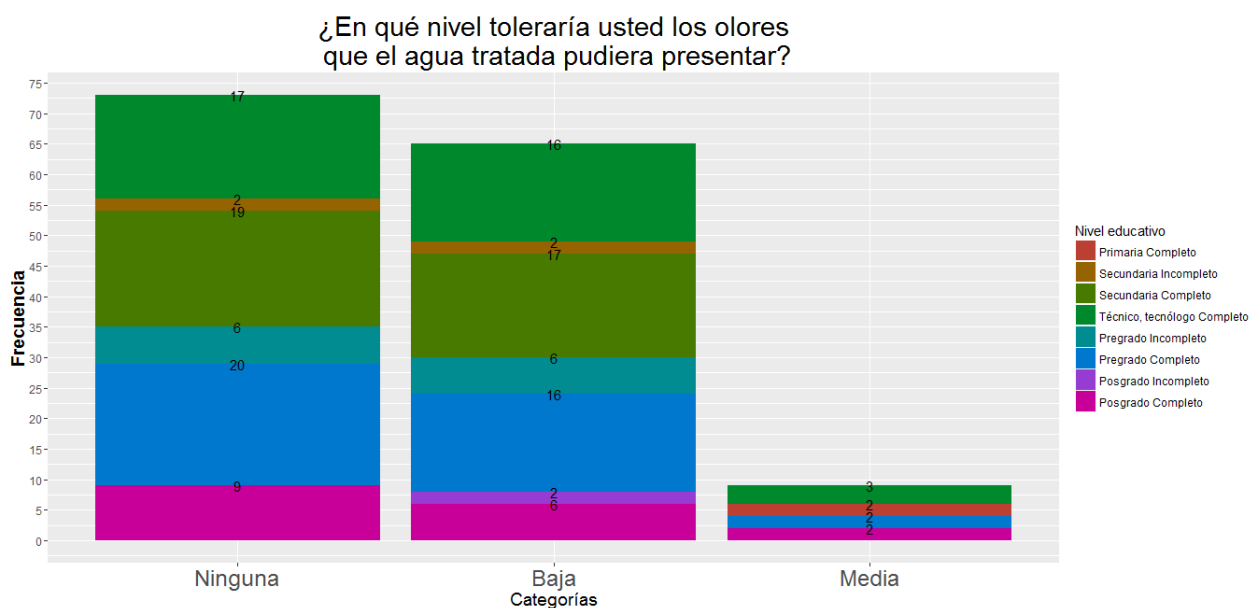


Figura 13: Frecuencias pregunta 12 por nivel educativo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

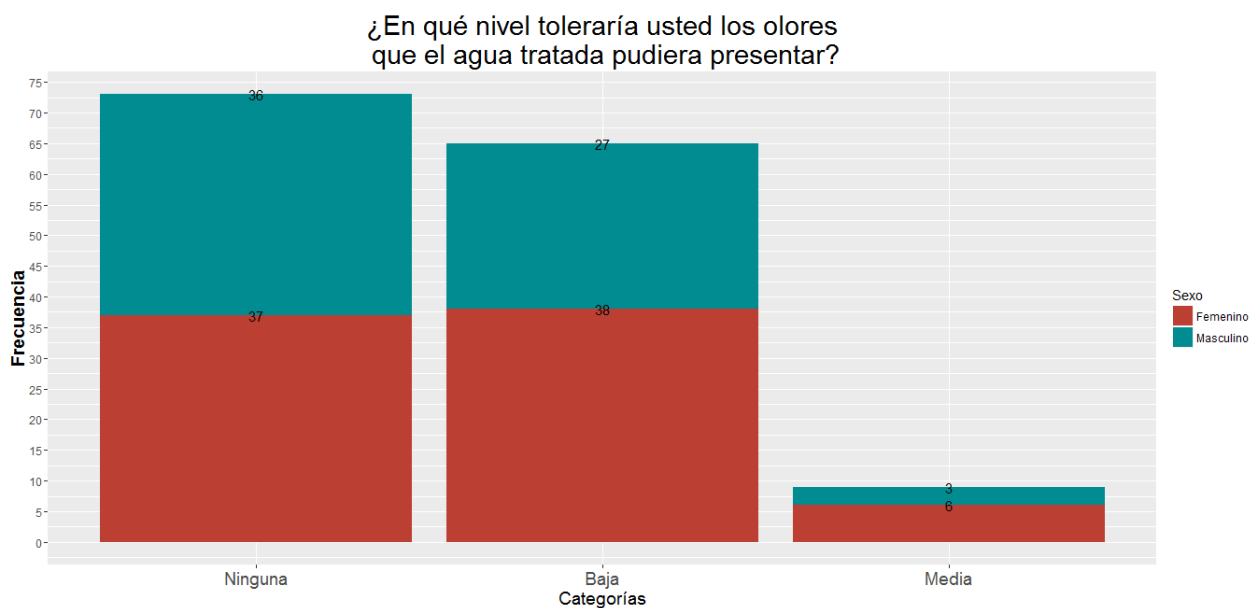


Figura 14: Frecuencias pregunta 12 por sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

- P_13: De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?, con las siguientes opciones de respuesta:
 - Sí
 - No

	De acuerdo con las ventajas y desventajas que se le comentaron, ¿Invertiría en un sistema de tratamiento de aguas grises?						Total	
	Sí		No		No rta.			
Nivel educativo / Sexo	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	Frec.
Primaria Completo	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Secundaria Incompleto	4	2,7 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	2,7 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Masculino	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Secundaria Completo	33	22,4 %	3	2,0 %	0	0,0 %	36	24,5 %
Femenino	15	10,2 %	0	0,0 %	0	0,0 %	15	10,2 %
Masculino	18	12,2 %	3	2,0 %	0	0,0 %	21	14,3 %
Técnico, tecnólogo Completo	34	23,1 %	2	1,4 %	0	0,0 %	36	24,5 %
Femenino	18	12,2 %	2	1,4 %	0	0,0 %	20	13,6 %
Masculino	16	10,9 %	0	0,0 %	0	0,0 %	16	10,9 %
Pregrado Incompleto	12	8,2 %	0	0,0 %	0	0,0 %	12	8,2 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Masculino	10	6,8 %	0	0,0 %	0	0,0 %	10	6,8 %
Pregrado Completo	33	22,4 %	5	3,4 %	0	0,0 %	38	25,9 %
Femenino	23	15,6 %	4	2,7 %	0	0,0 %	27	18,4 %
Masculino	10	6,8 %	1	0,7 %	0	0,0 %	11	7,5 %
Posgrado Incompleto	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Posgrado Completo	15	10,2 %	0	0,0 %	2	1,4 %	17	11,6 %
Femenino	11	7,5 %	0	0,0 %	0	0,0 %	11	7,5 %
Masculino	4	2,7 %	0	0,0 %	2	1,4 %	6	4,1 %
Total general	135	91,8 %	10	6,8 %	2	1,4 %	147	100,0 %

Cuadro 5: Tabla de frecuencias pregunta 13. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

En el Cuadro 1.5 se encuentra el comportamiento que tomó la pregunta 13, según el género y el nivel educativo, según la contextualización planteada el 91,8 % de los encuestados están dispuestos a invertir en un sistema de tratamiento de aguas grises, el 6,8 % dijo que no. Dentro de aquellos que están dispuestos a invertir sobre salen los niveles educativos técnico, tecnólogo completo, secundaria completo y pregrado completo, a su vez vemos que 75 son mujeres y 60 son hombres.

■ P_14: Bajo el supuesto de estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:

- P_14.1: Contratar el sistema usted mismo
- P_14.2: Que el sistema esté instalado previamente

Como se ve en la tabla 1.5 a la pregunta 14, no respondieron dos de los 147 encuestados. Además el 91,8 % dijeron que sí invertirían en un sistema de tratamiento de aguas grises, y un 6,8 % dijeron que no lo harían. De los que respondieron que sí, son en su gran mayoría de nivel educativo tecnológico o técnico completo y de quienes dijeron que no, la mayoría tienen nivel académico pregrado completo.

	Bajo el supuesto de estar interesado en comprar vivienda, usted preferiría:				Total	
	Contratar el sistema usted mismo		Que el sistema esté instalado previamente			
Nivel educativo/ Sexo	Frec	%	Frec	%	Frec	%
Primaria Completo	0	0,0 %	2	1,4 %	2	1,4 %
Femenino	0	0,0 %	2	1,4 %	2	1,4 %
Secundaria Incompleto	4	2,7 %	0	0,0 %	4	2,7 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Masculino	2	1,4 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Secundaria Completo	15	10,2 %	21	14,3 %	36	24,5 %
Femenino	8	5,4 %	7	4,8 %	15	10,2 %
Masculino	7	4,8 %	14	9,5 %	21	14,3 %
Técnico, tecnólogo Completo	8	5,4 %	28	19,0 %	36	24,5 %
Femenino	4	2,7 %	16	10,9 %	20	13,6 %
Masculino	4	2,7 %	12	8,2 %	16	10,9 %
Pregrado Incompleto	8	5,4 %	4	2,7 %	12	8,2 %
Femenino	0	0,0 %	2	1,4 %	2	1,4 %
Masculino	8	5,4 %	2	1,4 %	10	6,8 %
Pregrado Completo	7	4,8 %	31	21,1 %	38	25,9 %
Femenino	5	3,4 %	22	15,0 %	27	18,4 %
Masculino	2	1,4 %	9	6,1 %	11	7,5 %
Posgrado Incompleto	2	1,4 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Femenino	2	1,4 %	0	0,0 %	2	1,4 %
Posgrado Completo	2	1,4 %	15	10,2 %	17	11,6 %
Femenino	2	1,4 %	9	6,1 %	11	7,5 %
Masculino	0	0,0 %	6	4,1 %	6	4,1 %
Total general	46	31,3 %	101	68,7 %	147	100, %

Cuadro 6: Tabla de frecuencias pregunta 14. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

- P_15: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de más, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises? (Inversión inicial)
 - P_15.1: Menos de 1.000.000
 - P_15.2: 1.000.000 a 2.000.000
 - P_15.3: Más de 2.000.000

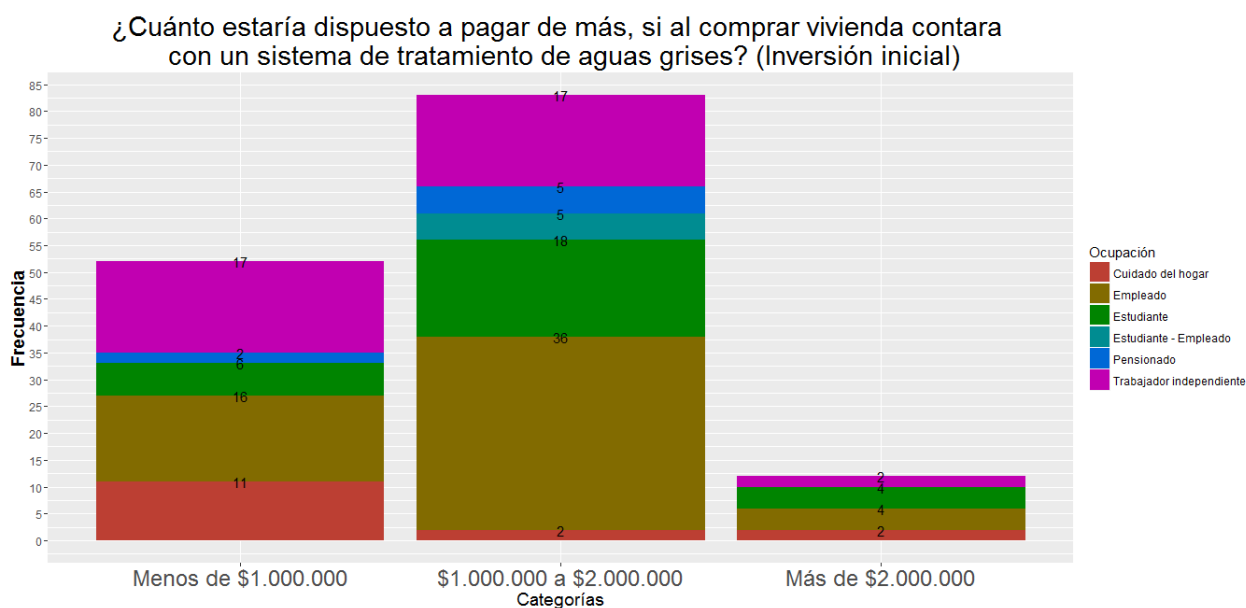


Figura 15: Frecuencias pregunta 15 por ocupación. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

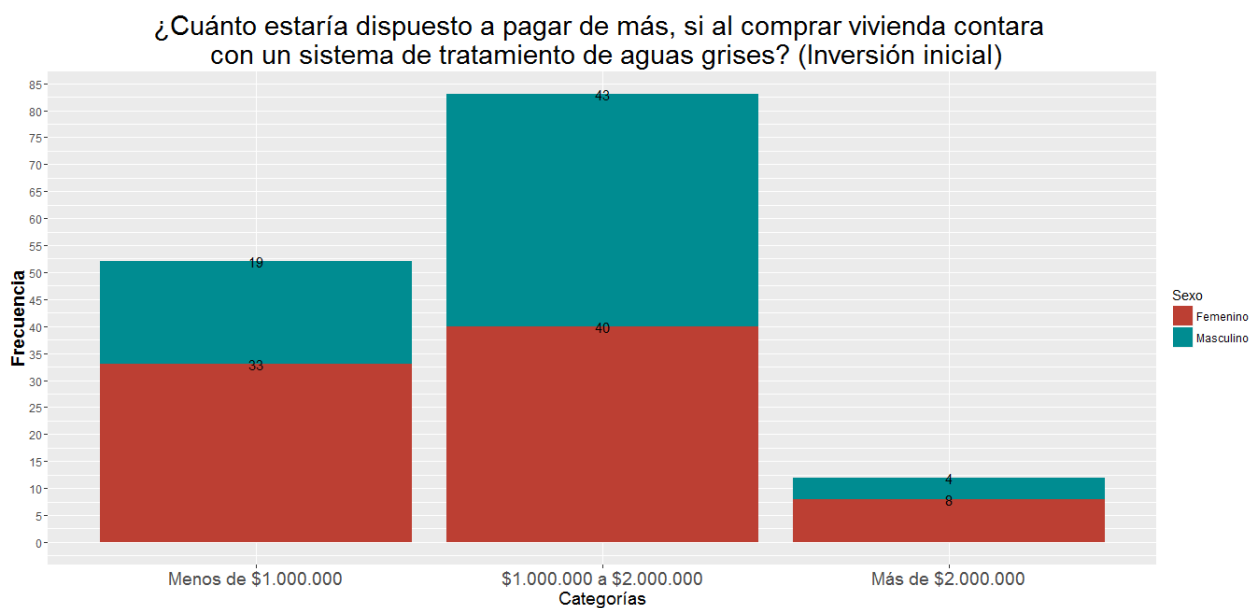


Figura 16: Frecuencias pregunta 15 por sexo. Conjunto Residencial Sabana verde Etapa 2, Hayuelos - Bogotá (Noviembre 19 2016)

Finalmente en el formulario se evaluó cuánto estaría dispuesto a pagar de más la persona, si al comprar vivienda contara con un sistema de tratamiento de aguas grises. En esta pregunta dirigida a medir el factor de la viabilidad económica, vemos en las Figuras 15 y 16 que la categoría más frecuente es la de un 1.000.000 a 2.000.000 de pesos, quienes respondieron esta opción la mayoría(36) son empleados , seguido de estudiantes (18) y trabajadores independientes (17),en cuanto al genero 40 son mujeres y 43 son hombres, en esta categoría ambos tienden a responder igual. Por otro lado la categoría de menor frecuencia es de invertir mas de 2.000.000 de pesos.

Análisis multivariado y agrupación de individuos

Con el fin de identificar posibles relaciones entre las variables de estudio y realizar una apropiada agrupación de los individuos según las similitudes que éstos tuviesen entre sí de acuerdo con sus características y respuestas, se realizó un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) incluyendo todas las preguntas incluidas en el cuestionario aplicado a la población de interés. Dicho análisis se aplica debido a que las respuestas son de carácter cualitativo de múltiple respuesta. En la figura 17 se ve la proyección de las categorías en el plano generado por los dos primeros ejes factoriales, en donde se puede observar lo siguiente: aquellas categorías que se encuentran lejos del centro del plano indican que sus comportamientos son casos que representan diferenciales y pueden pertenecer a categorías con baja frecuencia. Así, por ejemplo, los individuos que tienen un nivel de estudios posgrado completo o incompleto, primaria completa y brachillerato incompleto, parecen diferir en cuanto al comportamiento medio de la población de estudio y son muy pocos los individuos que pertenecen a dichas categorías. Adicionalmente, los individuos con edad entre los 25 y los 30 años y entre los 55 a 60 años, al ser casos particulares, se alejan del centro del plano.

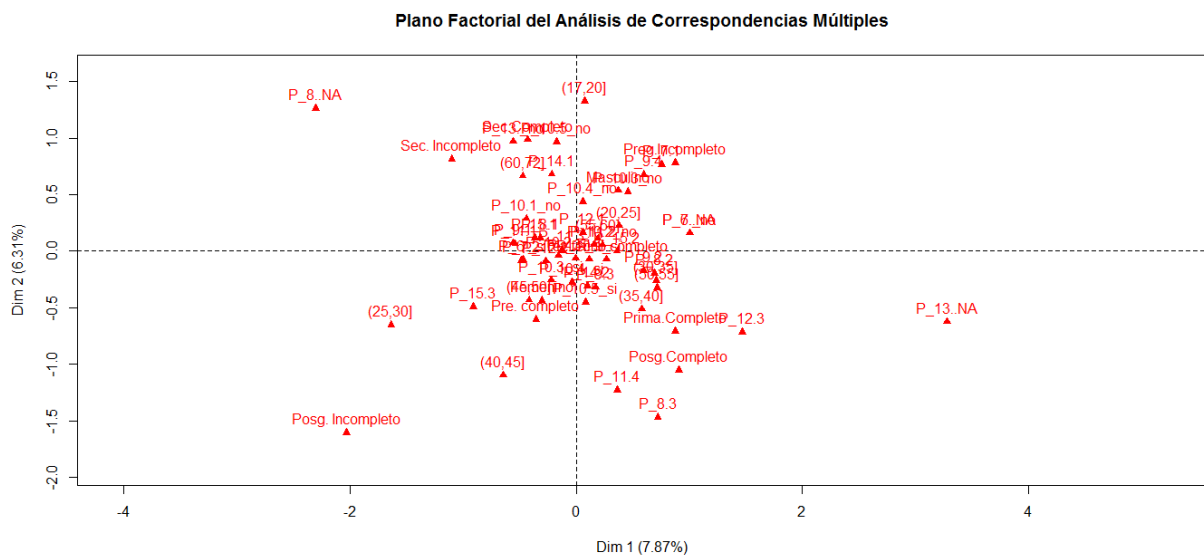


Figura 17: Proyección de las variables sobre el plano

Convención de la pregunta a la que esta asociada	Descripción	Valor
$P_8..P_{8,2}$	Conservación del recurso natural	5.615
$edad.(30, 35]$	Edad: entre 30 y 35	4.447
$E..Posg.Completo$	Posgrado completo	4.149
$P_{15}..P_{15,2}$	Inversión, 1 a 2 millones	3.771
$P_6..no$	No reutiliza agua	3.762
$P_9..P_{9,4}$	Reutilizaría agua de la ciudad	3.598
$E..Tec.tecne.completo$	Técnico, Tecnólogo completo	3.352
$P_{14}..P_{14,2}$	Instalación externa previa	3.143
$P_{10,3}.si$	Uso para lavado de carros	2.558
$P_{10,5}.si$	Uso para limpieza de calles	2.459
$P_{12}..P_{12,3}$	Olor medio	2.302
$P_{10,2}.no$	No uso para riego de zonas verdes	2.298
$P_8..P_{8,3}$	Generar conciencia en amigos	2.233
$P_{11}..P_{11,4}$	Color alto	2.194
$P_9..P_{9,3}$	Reutilizaría agua del barrio	2.174
$edad.(35, 40]$	Edad: entre 35 y 40	2.161
$P_9..P_{9,2}$	Reutilizaría agua del edificio	2.107
$edad.(60, 72]$	Edad: mayores de 60 años	-2.089
$edad.(25, 30]$	Edad: entre 25 y 30	-2.244
$P_{13}..no$	No invertiría	-2.244
$P_{10,2}.si$	Uso para riego de zonas verdes	-2.298
$P_{10,5}.no$	No uso para limpieza de calles	-2.459
$E..Preg.Incompleto$	Pregrado incompleto	-2.530
$P_{15}..P_{15,3}$	Inversión, mas de dos millones	-2.530
$P_{10,3}.no$	No uso para lavado de carros	-2.558
$P_{15}..P_{15,1}$	Inversión, menos de un millón	-2.580
$P_{14}..P_{14,1}$	Instalación propia	-3.143
$edad.(17, 20]$	Edad: entre 17 y 20	-3.287
$P_7..P_{7,2}$	Actualmente reutilización manual	-3.639
$P_6..si$	Reutiliza agua	-3.762
$E..Sec.Completo$	Secundaria completa	-3.953
$P_9..P_{9,1}$	Reutilizaría agua de la residencia	-6.063
$P_8..P_{8,1}$	Búsqueda de la disminución en costos de la factura	-6.087

Cuadro 7: Caracterización grupo número 1.

- **Grupo 2:** Se tiene un grupo conformado por 32 individuos. La edad de dichos individuos es mayor de 50 años y tienen un nivel de estudios de secundaria completa. Aunque se puede decir que dichos individuos no invertirían en un sistema de reutilización, en el caso hipotético de hacerlo, no pagarían mas de un millón de pesos extra por el sistema. También se puede decir que no están dispuestos a aceptar ningún nivel de olor o color en el agua reutilizada y que su principal motivación para reutilizar sería la búsqueda de reducción en el costo del precio de la factura.

Convención de la pregunta a la que esta asociada	Descripción	Valor
$P_{10,3}.no$	No uso para lavado de carros	5.982
$P_{12}..P_{12,1}$	Ningún olor es aceptable	4.965
$edad.(60, 72]$	Edad: mayores de 60 años	4.680
$P_{11}..P_{11,1}$	Ningún color es aceptable	4.364
$edad.(55, 60]$	Edad: entre 55 y 60 años	4.356
$P_{15}..P_{15,1}$	Inversión, menos de 1 millón	4.339
$E..Sec.Completo$	Secundaria completa	3.183
$P_{10,5}.no$	No uso para limpieza de calles	2.857
$P_9..P_{9,2}$	Reutilizaría agua del edificio donde reside	2.762
$P_8..P_{8,1}$	Búsqueda de la disminución en costos de la factura	2.759
$edad.(50, 55]$	Edad: entre 50 y 55 años	2.266
$P_13..no$	No invertiría	2.053
$edad.(30, 35]$	Edad: entre 30 y 35 años	-2.216
$P_9..P_{9,1}$	Reutilizaría agua de la residencia	-2.335
$P_8..P_{8,2}$	Conservación del recurso natural	-2.363
$edad.(17, 20]$	Edad: entre 18 y 20 años	-2.621
$P_{10,5}.si$	Uso para limpieza de calles	-2.857
$edad.(20, 25]$	Edad: entre 20 y 25 años	-2.994
$P_{11}..P_{11,3}$	Color medio es aceptable	-3.226
$P_{15}..P_{15,2}$	Inversión, entre 1 y 2 millones	-3.254
$P_{12}..P_{12,2}$	Olor medio es aceptable	-5.184
$P_{10,3}.si$	Uso para lavado de carros	-5.982

Cuadro 8: Caracterización grupo número 2.

- **Grupo 3:** 51 individuos se cuentan en este grupo caracterizado principalmente por mujeres, con edades entre 25 y 30 años y 45 y 50 años con un nivel de estudios de pregrado completo. Actualmente reutilizan agua y estarían dispuestas a aceptar olores bajos y color medio. Una motivación importantes es la búsqueda de la reducción del costo de la factura. Aunque aceptan el posible uso para el lavado de autos, dicen que no la usarían para la descarga de sanitarios.

Convención de la pregunta a la que esta asociada	Descripción	Valor
$P_9..P_{9,1}$	Reutilizaría agua de la residencia	7.775
$P_{10,3}..si$	Uso para lavado de carros	4.497
$edad.(25, 30]$	Edad: entre 25 y 30 años	4.353
$P_8..P_{8,1}$	Búsqueda de la disminución en costos de la factura	4.133
$P_{12}..P_{12,2}$	Olor bajo es aceptable	4.002
$E..Pre.completo$	Pregrado completo	3.805
$P_7..P_{7,2}$	Actualmente reutilización manual	3.689
$P_6..si$	Actualmente reutiliza agua	3.578
$P_{10,1}..no$	No uso para descarga de sanitarios	3.197
$Sexo.Femenino$	Femenino	3.167
$P_{11}..P_{11,3}$	Color medio es aceptable	3.138
$P_{14}..P_{14,2}$	Instalación externa	2.706
$edad.(45, 50]$	Edad: entre 45 y 50 años	2.678
$E..Posg.Completo$	Posgrado completo	-2.210
$P_{12}..P_{12,3}$	Olor medio es aceptable	-2.349
$P_{14}..P_{14,1}$	Instalación propia	-2.706
$edad.(50, 55]$	Edad: entre 50 y 55	-2.830
$P_{12}..P_{12,1}$	Ningún olor es aceptable	-2.949
$Sexo.Masculino$	Masculino	-3.167
$P_{10,1}..si$	Uso para descarga de sanitarios	-3.197
$P_9..P_{9,4}$	Reutilizaría agua de la ciudad de residencia	-3.262
$P_9..P_{9,3}$	Reutilizaría agua del barrio de residencia	-3.265
$P_6..no$	Actualmente no reutiliza agua	-3.578
$P_9..P_{9,2}$	Reutilizaría agua del edificio de residencia	-4.041
$P_8..P_{8,2}$	Conservación del recurso natural	-4.386
$P_{10,3}..no$	No uso para lavado de carros	-4.497

Cuadro 9: Caracterización grupo número 3.

- Grupo 4: Se cuentan 20 individuos en este grupo. Sus características son generales y no están muy relacionadas con las preguntas específicas de la encuesta. Sin embargo de este grupo se puede decir que esta representado por personas de sexo masculino menores de 20 años con nivel de estudios de pregrado incompleto.

Convención de la pregunta a la que esta asociada	Descripción	Valor
$edad.(17, 20]$	Edad: entre 17 y 20	6.848
$P_{14}..P_{14,1}$	Instalación propia	5.811
$E..Preg.Incompleto$	Pregrado incompleto	5.712
$Sexo.Masculino$	Sexo masculino	3.388
$P_{15}..P_{15,3}$	Inversión, mas de 2 millones	3.147
$E..Posg.Incompleto$	Posgrado incompleto	2.372
$E..Tec.tecno.completo$	Técnico y tecnólogo completo	-2.325
$E..Pre.completo$	Pregrado completo	-3.170
$Sexo.Femenino$	Femenino	-3.388
$P_{15}..P_{15,1}$	Inversión, menos de 1 millón	-3.968
$P_{14}..P_{14,2}$	Instalación externa	-5.811

Cuadro 10: Caracterización grupo número 4.

1.6. Limitaciones

- El estudio proponía inicialmente un diseño muestral que permitiera realizar una inferencia a toda la población de estrato tres de Bogotá y generalizar las conclusiones a la misma. Sin embargo,

dadas las implicaciones que tiene la construcción de un diseño muestral probabilístico, tales como presupuesto, tiempo y personal encuestador, se decide realizar un muestreo no probabilístico a conveniencia que impide generalizar los resultados a la población que se tenía como objetivo en una primera instancia. Por lo anterior, se consideran dichos aspectos limitaciones para llevar a cabo una investigación que podría llegar a arrojar interesantes resultados.

1.7. Conclusiones

- Para analizar la encuesta, se realizó un análisis descriptivo de las distintas variables, para evaluar el componente de prácticas y de opinión se realizó un análisis de correspondencias múltiples seguido de un análisis de clasificación, en este se ve claramente la construcción de cuatro grupos según las características mencionadas anteriormente.
- Respecto a la aceptación social del nuevo sistema propuesto para la recolección de aguas residuales, la población encuestada mostró en general una tendencia a aceptar el sistema con características como una baja tonalidad en el agua tratada utilizada para el sanitario. Adicionalmente los individuos encuestados dicen tener una baja tolerancia a los posibles olores provenientes del sistema de reutilización de aguas grises.
- Las actividades para las cuales los encuestados están de acuerdo se utilicen las aguas grises tratadas, son la descarga de los aparatos sanitarios el lavado de carros y la limpieza de las calles. Además, en su gran mayoría estarían de acuerdo en reutilizar aguas provenientes de su propia residencia.
- En relación con el factor viabilidad económica las personas mostraron un interés por invertir en un sistema cuya inversión inicial fuera menor de 2.000.000 de pesos. Muy pocos están dispuestos a invertir en un valor mayor a esta cantidad.
- Existe diferencia entre la opinión de los encuestados dependiendo de su nivel educativo,

1.8. Bibliografía

- [1] Altman, D.G., Royston, P (2000). What do we mean by validating a prognostic model?. *Statistics in medicine*.

Anexos

1.9. Bitácora

	Bitácora N° 1	Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Estadística Consultoría Estadística
Fecha	Noviembre 3 del 2016	
Caso 4		
Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises		
Asistentes		
Consultante	Grupo	
Anny Galeano Díaz	Heidy Tatiana Garzón Parra María Camila Góngora Albán Ana María Mondragón Moreno Mayra Alejandra Neisa Valero	
Discusión		
<ul style="list-style-type: none">- El día miercoles 26 de octubre se contactó a la consultante por correo electrónico solicitándole una reunión, pero no hubo respuesta por parte de ella. El día viernes 28 de octubre se volvió a hacer contacto por correo electrónico y ese mismo día se obtuvo respuesta por parte de la consultante, ella manifiesta que no puede reunirse presencialmente ya que tiene un compromiso fuera de la ciudad durante la primera semana de noviembre, por tal razón se pacta una reunión por skype para el día 3 de noviembre según la disponibilidad de tiempo de las dos partes.- El día 3 de noviembre se trató de lograr una reunión por skype, sin embargo no fue posible por problemas técnicos en la conexión a internet. Dadas las circunstancias se acuerda tener comunicación por correo electrónico y así aclarar las dudas que se tienen con relación a los objetivos del proyecto.- El día 3 de noviembre las consultoras tienen una reunión con el profesor Leonardo Trujillo, con el fin de tener mayor claridad respecto al mejor diseño muestral que puede ser aplicado en el caso. En esta reunión se plantea con ayuda del profesor dos alternativas para el diseño muestral la primera considera como población objetivo los habitantes de estrato 3 de Bogotá y la segunda habitantes de conjuntos residenciales de estrato 3 de Bogotá. Sin embargo, la definición del marco muestral ideal queda sujeto a las necesidades de la consultante y a los acuerdos a los que se lleguen en la próxima reunión.		
Acuerdos		
<ul style="list-style-type: none">- Redactar un documento para la consultante, en el cual se especifiquen todas las inquitudes que han surgido respecto al proyecto y de esta manera poder establecer qué análisis estadístico es el apropiado para el cumplimiento de los objetivos de la consultoría.- Tener una reunión presencial el día martes 8 de noviembre con la consultante.		
Tareas		
<ul style="list-style-type: none">- Enviar el documento con las dudas y consideraciones a la consultante el día 4 de noviembre.		

	Bitácora N° 2	Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Estadística Consultoría Estadística
Fecha	Noviembre 8 del 2016	
Caso 4		
Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises		
Asistentes		
Consultante	Grupo	
Anny Galeano Díaz	Heidy Tatiana Garzón Parra María Camila Góngora Albán Ana María Mondragón Moreno Mayra Alejandra Neisa Valero	
Discusión		
<p>Durante esta reunión se discutió acerca de las observaciones enviadas por correo por parte del grupo consultor el 4 de noviembre. La discusión incluyó:</p> <ul style="list-style-type: none">- Definición del interés del estudio: definir si consiste en evaluar la viabilidad económica, la aceptación social y cultural o la responsabilidad ambiental de los habitantes de Bogotá de estrato 3.- Se hace énfasis en la diferencia entre un muestreo probabilístico y uno no probabilístico, así como las ventajas, desventajas y alcance de cada uno.- La consultante manifiesta inquietud por el uso de encuestas vía electrónica, por lo cual se comenta acerca de las implicaciones, ventajas y desventajas de este medio de recolección. Además, desea saber si es posible complementar la información que se recolecte con las encuestas de forma presencial con otras realizadas a través de correo electrónico o redes sociales.- Se explica la importancia de realizar una prueba piloto, tanto para evaluar la redacción y estructura del cuestionario, como para evidenciar aspectos relacionados con la logística, tales como, contar con un conocimiento previo respecto al posible comportamiento de la población objetivo en cuanto a la variable de interés: aceptación social de la reutilización de aguas grises en las viviendas.		
Acuerdos		
<ul style="list-style-type: none">- Debido a limitaciones en los recursos (tiempo, personal encuestador y presupuesto) para la realización del estudio, la consultante decide que la opción que mejor se ajusta a sus condiciones es realizar un muestreo no probabilístico, sin embargo, esto será discutido con su director de tesis.- La prueba piloto del cuestionario será realizada antes de la aplicación del cuestionario final, tomando diferentes personas de la ciudad y que sean de estrato 3.- La recolección de las encuestas se realizará en los conjuntos para los cuales la consultante ya tenía planeado realizarlo, en caso de contactar más conjuntos residenciales donde se pueda realizar la encuesta serán incluidos en estudio, sin embargo, se aclara que estos no representan la población de Bogotá de estrato 3.		
Tareas		
<ul style="list-style-type: none">- El grupo consultor revisará el cuestionario antes de finalizar la semana en curso.- Revisar la posibilidad de aplicar dos metodologías de aplicación de las encuestas: presencial o por vía electrónica, además de indagar acerca de las características de cada método.- La consultante transmitirá la discusión realizada en la reunión a su director de tesis y hará saber cuál es su opinión.		

1.10. Cuestionario inicial

Institucion	Universidad Nacional de Colombia	Pagina	1/3
Programa	Maestria en construccion- Facultad de Artes	Año	2016
Titulo	Optimizacion del recurso hidrico en nuevas construcciones para vivienda a traves de la reutilizacion de aguas grises	Lugar	Bogota-Colombia
		Autor	Anny Galeano Diaz
		Director	M. Sc. David Zamora

Esta encuesta es parte de la investigación desarrollada en la tesis para optar por el titulo de Magister en Construcción de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

A-Datos personales

Nombre

Edad

Genero

a Femenino

b Masculino

Nivel de Estudios

a Primaria

b Secundaria

c Pregrado

d Posgrado

Tipo de vivienda

a Apartamento

b Casa

c Piso

Institucion	Universidad Nacional de Colombia	Pagina	2/3
Programa	Maestria en construccion- Facultad de Artes	Año	2016
Titulo	Optimizacion del recurso hidrico en nuevas construcciones para vivienda a traves de la reutilizacion de aguas grises	Lugar	Bogota-Colombia
		Autor	Anny Galeano Diaz
		Director	M. Sc. David Zamora

B-Conocimientos sobre el tema

1.¿Sabe usted algo sobre la reutilización de aguas grises ?

Las aguas grises son las aguas residuales principalmente de lavadora, lavamanos y duchas.

- a Si
- b No

2.¿Reutiliza agua en su residencia?

- a Si
- b No

3.¿Cual seria su principal motivo para reutilizar agua?

- a Ahorrar dinero en el pago de facturas
- b Generar conciencia a sus familiares y/o amigos
- c Conservar los recursos naturales
- d Socialmente esta bien visto
- e Mitigar el impacto del cambio climatico
- f Garantizar este recurso a generaciones futuras

C-Opinion personal

4.Según su preferencia, usted reutilizaría agua originadas en su:

- a Residencia
- b Edificio
- c Barrio
- d Ciudad

5.¿En cuales de las siguientes actividades está de acuerdo con reutilización del agua ?

- a Descarga de aparatos sanitarios
- b Riego de jardines
- c Riego de zonas verdes (ej. parques, campos deportivos)
- d Lavado de carros
- e Sistemas contra incendios
- f Limpieza de calles

6. En el caso que aceptara usar agua tratada en su vivienda, preferiria:

- a Incorporarlo usted mismo
- b Que ya este incorporado previamente

7. Si usara agua tratada en su sanitario, hasta que nivel de color permitiría?

- a 
- b 
- c 
- d 

Institucion	Universidad Nacional de Colombia	Pagina	3/3
Programa	Maestria en construccion- Facultad de Artes	Año	2016
Titulo	Optimizacion del recurso hidrico en nuevas construcciones para vivienda a traves de la reutilizacion de aguas grises	Lugar	Bogota-Colombia
		Autor	Anny Galeano Diaz
		Director	M. Sc. David Zamora

D- Posible disposición ante el tema

8.¿Invertiría en un sistema regenerador de aguas, donde podría recuperar lo invertido en un periodo de 6 a 8 años-ahorro en la factura 40 % aprox?

Si

No

9.¿Cuanto pagaría de mas al comprar vivienda con un sistema de reutilización de agua?

Menos de \$500,000

500,000 a 1,000,000

1,000,000 a 1,500,000

1,500,000 a 2,000,000

Mas de 2,000,000

10.¿ Conoce algún sistema para la reutilización del agua en vivienda?

No

Si

18. En caso de responder SI ¿cuál(es)?

Preguntas o sugerencias

1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN
AA	SA	1	A MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MAYOR IMPACTO SOCIAL HABRÁ DENTRO DE LA COMUNIDAD, AUMENTANDO LAS POSIBILIDADES DEL INTERÉS DE COMUNIDADES CERCANAS A INCORPORARSE A ESTE TIPO DE SISTEMAS	AB	SA	1	A MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MAYOR IMPACTO AMBIENTAL HABRÁ DENTRO DE LA COMUNIDAD, AUMENTANDO LAS POSIBILIDADES DEL INTERÉS DE LOS GOBIERNOS Y COMUNIDADES CERCANAS A INCORPORARSE A ESTE TIPO DE SISTEMAS	AC	SA	0	EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS QUE ESTE REQUIERA SON INDEPENDIENTES AL ORIGEN DEL AGUA TRATADA	AD	SA	0	EL MANEJO DE LODOS RESIDUALES ES UN PROCESO POSTERIOR AL TRATAMIENTO, DONDE LA ESCALA DE ORIGEN DEL AGUA YA SE SELECCIONÓ DE FORMA PREVIA
AA	SB	0	EL AGUA POTABLE Y EL AGUA TRATADA SON SUMINISTRADAS POR DIFERENTES REDES, POR LO QUE EL CONSUMO DE LA PRIMERA NO INTERFIERE CON LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA SEGUNDA	AB	SB	0	EL AGUA RESIDUAL VERTIDA TIENE REDES INDEPENDIENTES AL AGUA TRATADA POR LO QUE NO TIENE INFLUENCIA EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS	AC	SB	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA TRATADA SON RESULTADO DEL TRATAMIENTO EN SU FASE FINAL (DESINFECCION, COLORACIÓN) INDEPENDIENTE DEL CONSUMO ELÉCTRICO REQUERIDO	AD	SB	1	LA FALTA DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LODOS RESIDUALES PUEDE AFECTAR LA CALIDAD DEL AGUA GRIS QUE SE ESTÉ TRATANDO
AA	SC	0	LAS ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN DEL AGUA TRATADA SON DEFINIDAS POR EL USUARIO SEGÚN SUS NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS	AB	SC	0	LAS ACTIVIDADES PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL VERTIDA TIENE REDES INDEPENDIENTES AL AGUA TRATADA POR LO QUE NO TIENE INFLUENCIA EN ESTAS	AC	SC	1	A MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO, SE PUEDE PRESENTAR LA DISMINUCIÓN DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN	AD	SC	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SIENDO SEPARADO DEL AGUA TRATADA SIN RELACIÓN A LAS ACTIVIDADES EN QUE SE EMPLEE
AA	SD	0	EL DISEÑO DEL SISTEMA SE PLANTEA CON ANTELACIÓN AL CONSUMO, TANTO DE AGUA POTABLE COMO EL DEL AGUA TRATADA	AB	SD	0	EL AGUA RESIDUAL VERTIDA TIENE REDES INDEPENDIENTES AL AGUA GRIS O TRATADA POR LO QUE NO TIENE INFLUENCIA EN EL SISTEMA	AC	SD	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SIENDO SEPARADO DEL AGUA TRATADA SIN RELACIÓN AL DISEÑO DE LAS REDES PARA EL TRANSPORTE DE ESTAS	AD	SD	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SIENDO SEPARADO DEL AGUA TRATADA SIN RELACIÓN AL DISEÑO DE LAS REDES PARA EL TRANSPORTE DE ESTAS
AA	AB	1	EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL PRODUCIDA EN SU MAYORÍA ES PROPORCIONAL AL VOLUMEN DE AGUA POTABLE CONSUMIDO (EXCLUYENDO EL AGUA USADA PARA INGESTA)	AB	AA	0	EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL PRODUCIDA ES RESULTADO DEL AGUA POTABLE USADA (EXCLUYENDO EL AGUA USADA PARA INGESTA)	AC	AA	0	EL AUMENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO CONTEMPLA EL REQUERIDO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, POR LO QUE NO INTERVIENE EL AGUA POTABLE USADA O AHORRADA	AD	AA	0	LOS LODOS SON GENERADOS POR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, POR LO QUE NO INTERVIENE EL AGUA POTABLE USADA O AHORRADA
AA	AC	0	EL AUMENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO CONTEMPLA EL REQUERIDO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, POR LO QUE NO INTERVIENE EL AGUA POTABLE USADA O AHORRADA	AB	AC	0	EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS QUE ESTE REQUIERA SON INDEPENDIENTES A LAS REDES DE EVACUACIÓN Y VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA	AC	AB	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA TRATADA SON RESULTADO DEL TRATAMIENTO EN SU FASE FINAL (DESINFECCIÓN, COLORACIÓN) INDEPENDIENTE DEL CONSUMO ELÉCTRICO REQUERIDO	AD	AB	0	EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y LOS PRODUCTOS O DESECHOS QUE ESTÉ PRESENTE SON INDEPENDIENTES A LAS REDES DE EVACUACIÓN Y VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA

AA	AD	0	LOS LODOS SON GENERADOS POR EL PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL, POR LO QUE NO INTERVIENE EL AGUA POTABLE USADA O AHORRADA	AB	AD	0	EL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y LOS PRODUCTOS O DESECHOS QUE ESTÉ PRESENTE SON INDEPENDIENTES A LAS REDES DE EVACUACIÓN Y VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA	AC	AD	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SEPARADOS DE LOS ACCESORIOS ELÉCTRICOS POR LO QUE NO INTERFIEREN CON ESTOS	AD	AC	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SEPARADOS DE LOS ACCESORIOS ELÉCTRICOS POR LO QUE NO INTERFIEREN CON ESTOS
AA	EA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL AHORRO DE AGUA POTABLE ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	AB	EA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, LA DISMINUCIÓN DEL AGUA RESIDUAL VERTIDA ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	AC	EA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL AUMENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	AD	EA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR
AA	EB	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LAS REDES DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y LOS GASTOS QUE ESTAS PUEDAN GENERAR	AB	EB	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LAS REDES DE EVACUACIÓN Y ALCANTARILLADO Y LOS GASTOS QUE ESTAS PUEDAN GENERAR	AC	EB	1	A MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO, MAYOR GASTO DE USO DEL SISTEMA REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN DE ESTE SERVICIO	AD	EB	1	A MAYOR CONTROL REQUERIDO POR LOS LODOS RESIDUALES, MAYOR LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO GENERADOS
AA	EC	1	A MAYOR AHORRO DE AGUA POTABLE, MENOR PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL, OBTENIENDO UNA RENTABILIDAD EN MENOR TIEMPO	AB	EC	0	LOS COSTOS DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO ESTÁN ESTABLECIDOS, INDEPENDIENTES DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA, POR LO QUE NO SE TIENE EN CUENTA ESTA FACTURACIÓN COMO POSIBLE AHORRO	AC	EC	1	EL CONSUMO ELÉCTRICO INFLUYE DE FORMA INDIRECTA LOS GASTOS DE USO, A MAYOR CONSUMO MAYOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL	AD	EC	1	EL GASTO DE MANTENIMIENTO DE LODOS INFLUYE DE FORMA INDIRECTA LOS GASTOS DE USO, A MAYOR CONSUMO MAYOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL
AA	ED	1	A MAYOR AHORRO DE AGUA POTABLE, MENOR PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD	AB	ED	0	EL COSTO DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO ESTÁ DETERMINADO POR LA EMPRESA ENCARGADA PARA RESIDENCIAS, INDEPENDIENTES DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA	AC	ED	0	LA FACTURA POR EL COSTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO ES INDEPENDIENTE AL COBRO POR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE	AD	ED	0	LOS DISEÑOS DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA ESTÁN LIGADOS A EL AGUA GRIS Y EL AGUA TRATADA, INDEPENDIENTE DEL CONSUMO DEL AGUA POTABLE Y SU POSIBLE AHORRO EN FACTURACIÓN
AA	SI	1	EL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REPRESENTA UNA ALTERNATIVA PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL Y LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA QUE PRESENTA EL PAÍS	AB	SI	1	LA DISMINUCIÓN EN EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES REPRESENTA UNA ALTERNATIVA PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL Y LA CONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS EN EL PAÍS	AC	SI	0	ACTUALMENTE EXISTE UNA TENDENCIA Y AUMENTO EN EL INTERÉS POR EL AHORRO ENERGÉTICO	AD	SI	0	EL GASTO DE MANTENIMIENTO, EL TIEMPO REQUERIDO Y LA MANO DE OBRA ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE LOS LODOS IMPLICAN UNA LIMITANTE
AA	NO	0	ACTUALMENTE EXISTE UNA TENDENCIA Y AUMENTO EN EL INTERÉS POR LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	AB	NO	0	ACTUALMENTE EXISTE UNA TENDENCIA Y AUMENTO EN EL INTERÉS POR LA CONSERVACIÓN DE LOS CUERPOS HÍDRICOS	AC	NO	1	EL AUMENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO GENERA UN IMPACTO NEGATIVO AMBIENTAL Y ECONÓMICO	AD	NO	1	EL GASTO DE MANTENIMIENTO, EL TIEMPO REQUERIDO Y LA MANO DE OBRA ESPECIALIZADA PARA EL MANEJO DE LOS LODOS IMPLICAN UNA LIMITANTE

1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN
EA	SA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, POR LO QUE LA ESCALA DEL ORIGEN DEL AGUA SE DETERMINA DE FORMA PREVIA	EB	SA	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA A LOS GENERADOS UNA VEZ INICIE EN FUNCIONAMIENTO EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, LA SELECCIÓN DE LA ESCALA ES DETERMINADA DE FORMA PREVIA	EC	SA	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	SA	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE POR CADA UNIDAD HABITACIONAL
EA	SB	0	LA CALIDAD DEL AGUA TRATADA ES DETERMINADA POR EL PROCESO DE DEPURACIÓN, SE ASUME QUE EL SISTEMA GARANTIZA LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS APTAS	EB	SB	1	A MAYOR CONTROL Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA, MAYOR CALIDAD EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA	EC	SB	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	SB	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EA	SC	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, LAS ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN DEL AGUA TRATADA SON DEFINIDAS POR EL USUARIO SEGÚN SUS NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS	EB	SC	0	LAS ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN DEL AGUA TRATADA SON DEFINIDAS POR EL USUARIO SEGÚN SUS NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS, GENERANDO GASTOS DE MANTENIMIENTO POSTERIORES	EC	SC	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	SC	1	A MAYOR AHORRO EN EL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL, MAYOR INTERÉS DE INCORPORAR NUEVAS ACTIVIDADES PARA LA REUTILIZACIÓN
EA	SD	1	A MAYOR INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA, MAYOR DESARROLLO EN EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES OFRECIENDO MAYOR CONFORT TANTO AL INTERIOR COMO EL EXTERIOR DE LA UNIDAD HABITACIONAL	EB	SD	1	A MAYOR MANTENIMIENTO DEL SISTEMA Y LAS REDES TANTO DE EVACUACIÓN DE AGUAS GRISES COMO DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA, MAYOR CONTROL DE FALLAS GARANTIZANDO EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	EC	SD	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	SD	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EA	AA	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL AHORRO DE AGUA POTABLE ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	EB	AA	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LAS REDES DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y LOS GASTOS QUE ESTAS PUEDAN GENERAR	EC	AA	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	AA	1	A MAYOR AHORRO EN EL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL, MAYOR INTERÉS DE INCORPORAR NUEVAS ACTIVIDADES PARA LA REUTILIZACIÓN, MAYOR AHORRO DE AGUA POTABLE
EA	AB	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, LA DISMINUCIÓN DEL AGUA RESIDUAL VERTIDA ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	EB	AB	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LAS REDES DE EVACUACIÓN Y ALCANTARILLADO Y LOS GASTOS QUE ESTAS PUEDAN GENERAR	EC	AB	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	AB	0	EL COSTO DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO ESTÁ DETERMINADO POR LA EMPRESA ENCARGADA PARA RESIDENCIAS, INDEPENDIENTES DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL VERTIDA

EA	AC	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL AUMENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	EB	AC	1	A MENOR PAGO POR EL MANTENIMIENTO Y CHEQUEO PREVENTIVO DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA, SE PUEDE PRESENTAR MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO Y/O SOBRECARGAS	EC	AC	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	AC	0	LA FACTURA POR EL COSTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO ES INDEPENDIENTE AL COBRO POR EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EA	AD	0	LA INVERSIÓN DEL SISTEMA ES DEFINIDA PRINCIPALMENTE POR EL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL A TRATAR, EL CUAL SE DETERMINA POR LA PRODUCCIÓN MEDIA Y EL NÚMERO DE USUARIOS, EL MANEJO DE LOS LODOS RESIDUALES ES UNA PROYECCIÓN POSTERIOR	EB	AD	1	A MAYOR GASTO DE MANTENIMIENTO GENERADOS POR EL MANEJO DE LODOS, SE PUEDE PRESENTAR MENOR INTERÉS EN CONTROLARLOS	EC	AD	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	AD	0	EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA ESTÁ LIGADOS A EL AGUA GRIS Y EL AGUA TRATADA, INDEPENDIENTE DEL CONSUMO DEL AGUA POTABLE Y SU POSIBLE AHORRO EN FACTURACIÓN
EA	EB	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA A LOS GENERADOS UNA VEZ INICIE EN FUNCIONAMIENTO EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LA INVERSIÓN INICIAL	EB	EA	0	LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO HACEN REFERENCIA A LOS GENERADOS UNA VEZ INICIE EN FUNCIONAMIENTO EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL, EL CUAL ES INDEPENDIENTE A LA INVERSIÓN INICIAL	EC	EA	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	EA	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EA	EC	1	A MAYOR INVERSIÓN INICIAL DEL SISTEMA, MAYOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN (ASUMIENDO EL MISMO AHORRO MENSUAL EN EL PAGO DE CONSUMO)	EB	EC	1	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN LA FACTURACIÓN POR CONSUMO, INFLUYENDO DE FORMA INDIRECTA LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO	EC	EB	0	LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA Y EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DEPENDEN DIRECTAMENTE DE LA INVERSIÓN INICIAL Y AL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE REFLEJADO EN LA FACTURACIÓN	ED	EB	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EA	ED	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE	EB	ED	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE	EC	ED	1	A MENOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN, MAYOR TIEMPO PARA UTILIDAD POR EL USO DEL SISTEMA DURANTE SU VIDA ÚTIL	ED	EC	1	A MAYOR AHORRO EN LA FACTURACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE, MENOR TIEMPO EN RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN
EA	SI	0	LA INVERSIÓN INICIAL SE PAGA DE FORMA TOTAL Y DIRECTA, SITUACIÓN QUE LIMITA LA ADQUISICIÓN DEL SISTEMA	EB	SI	0	LOS GASTOS DE USO Y MANTENIMIENTO PUEDEN GENERAR INCONFORMIDAD EN LOS USUARIOS AÚN MÁS CUANDO EXISTA ALGÚN IMPREVISTO	EC	SI	1	EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN ES IMPORTANTE, PERO NO ES FACTOR DECISIVO	ED	SI	1	EL AHORRO EN LA FACTURACIÓN POR CONSUMO ES UNA MOTIVACIÓN IMPORTANTE A NIVEL SOCIAL, Y SU RÉPLICA AMBIENTAL Y ECONÓMICA
EA	NO	1	LA INVERSIÓN INICIAL SE PAGA DE FORMA TOTAL Y DIRECTA, SITUACIÓN QUE LIMITA LA ADQUISICIÓN DEL SISTEMA	EB	NO	1	LOS GASTOS DE USO Y MANTENIMIENTO PUEDEN GENERAR INCONFORMIDAD EN LOS USUARIOS AÚN MÁS CUANDO EXISTA ALGÚN IMPREVISTO	EC	NO	1	EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN ES IMPORTANTE, PERO NO ES FACTOR DECISIVO	ED	NO	0	EL AHORRO EN LA FACTURACIÓN POR CONSUMO ES UNA MOTIVACIÓN IMPORTANTE A NIVEL SOCIAL, Y SU RÉPLICA AMBIENTAL Y ECONÓMICA

1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN	1	2	INF	JUSTIFICACIÓN
SA	SB	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA TRATADA SON RESULTADO DEL TRATAMIENTO EN SU FASE FINAL (DESINFECCIÓN, COLORACIÓN)	SB	SA	1	A MAYOR CALIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA, MAYOR ACEPTACIÓN AL AUMENTO DE ESCALA EN EL ORIGEN DEL AGUA	SC	SA	0	EL ORIGEN DEL AGUA ES DETERMINADO POR EL TIPO DE SISTEMA A IMPLEMENTAR, LAS ACTIVIDADES DEL AGUA TRATADA SON DEFINIDAS POR EL USUARIO NO SIENDO SIEMPRE LAS MISMAS	SD	SA	0	EL SISTEMA SE PLANTEA SEGÚN LA UNIDAD HABITACIONAL, INDEPENDIENTE LA ESCALA
SA	SC	1	A MAYOR ESCALA, MENOR CONTACTO ACEPTADO LO QUE DETERMINA LAS ACTIVIDADES DE REUTILIZACIÓN	SB	SC	1	DEPENDIENDO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA SE PODRÁN EMPLEAR EN ESPACIOS ABIERTOS/CERRADOS, A LA VISTA/OCULTOS	SC	SB	0	LA CALIDAD DEL AGUA TRATADA ES DETERMINADA POR EL PROCESO DE DEPURACIÓN, PARA SU POSTERIOR USO EN LAS DIFERENTES ACTIVIDADES	SD	SB	1	EL DISEÑO DEL SISTEMA PERMITIRÁ LA FACILIDAD O LA COMPLEJIDAD EN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA, AFECTANDO DIRECTAMENTE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA
SA	SD	0	LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN AL INTERIOR DE LA VIVIENDA SON INDEPENDIENTES AL ORIGEN DEL AGUA TRATADA	SB	SD	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA TRATADA SON RESULTADO DEL TRATAMIENTO	SC	SD	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES CONTEMPLADAS, MAYOR COMPLEJIDAD DEL DISEÑO DE REDES DE SUMINISTRO DEL SISTEMA	SD	SC	1	EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA DETERMINA EL NÚMERO DE POSIBLES ACTIVIDADES
SA	AA	1	A MAYOR SEA LA ESCALA DE COBERTURA MAYOR SERÁ EL VOLUMEN DE AGUA AHORRADA	SB	AA	1	A MAYOR CALIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA, MAYORES ACTIVIDADES DE APLICACIÓN, MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE	SC	AA	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA EL USO DEL AGUA TRATADA, MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE	SD	AA	1	EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA DETERMINA EL NÚMERO DE POSIBLES ACTIVIDADES, A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES, MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE
SA	AB	1	A MAYOR SEA LA ESCALA DE COBERTURA MAYOR SERÁ LA REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL PRODUCIDA	SB	AB	1	A MAYOR CALIDAD DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA, MAYORES ACTIVIDADES DE APLICACIÓN, LO QUE REPRESENTA MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE Y REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL	SC	AB	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA EL USO DEL AGUA TRATADA, MENOR VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL	SD	AB	1	EL DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL SISTEMA DETERMINA EL NÚMERO DE POSIBLES ACTIVIDADES, A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES, MENOR VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL
SA	AC	1	A MAYOR ESCALA, MAYOR VOLUMEN DE A TRATAR MAYOR COMPLEJIDAD DEL SISTEMA GENERANDO UN MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO	SB	AC	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA TRATADA SON RESULTADO DEL TRATAMIENTO EN SU FASE FINAL (DESINFECCIÓN, COLORACIÓN) INDEPENDIENTE DEL CONSUMO ELÉCTRICO REQUERIDO	SC	AC	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA EL USO DEL AGUA TRATADA, MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO (SISTEMA MAYOR CAPACIDAD/BOMBAS/ASPERSORES)	SD	AC	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA EL USO DEL AGUA TRATADA, MAYOR CONSUMO ELÉCTRICO (SISTEMA MAYOR CAPACIDAD/BOMBAS/ASPERSORES)
SA	AD	1	A MAYOR VOLUMEN DE AGUA A TRATAR MAYOR PRODUCCIÓN DE LODOS RESIDUALES	SB	AD	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SIENDO SEPARADO DEL AGUA TRATADA NO TIENEN RELACIÓN CON LAS PROPIEDADES	SC	AD	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR AGUA GRIS TRATADA, MAYOR PRODUCCIÓN DE LODOS	SD	AD	0	LOS LODOS SON EL PRODUCTO RESIDUAL DEL TRATAMIENTO, SIENDO SEPARADO DEL AGUA TRATADA SIN RELACIÓN AL DISEÑO DE LAS REDES PARA EL TRANSPORTE DE ESTAS

							FÍSICAS DE ESTA									
SA	EA	1	A MAYOR VOLUMEN DE AGUA A TRATAR MENOR LA INVERSIÓN POR USUARIO	SB	EA	0	LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS SE PUEDEN VERIFICAR DESPUÉS DEL USO DEL SISTEMA	SC	EA	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR EL VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MAYOR INVERSIÓN DEL SISTEMA	SD	EA	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR EL VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MAYOR INVERSIÓN DEL SISTEMA (INSTALACIONES, RED DE DISTRIBUCIÓN)	
SA	EB	1	A MAYOR VOLUMEN DE AGUA A TRATAR MENOR LOS GASTOS DE MANTENIMIENTO POR USUARIO	SB	EB	1	PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS ACEPTADAS SE REQUIERE MANTENIMIENTO	SC	EB	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR EL VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MAYOR USO DE INSTALACIONES Y/O ACCESORIOS Y GASTOS DE MANTENIMIENTO	SD	EB	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR EL VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MAYOR USO DE INSTALACIONES Y/O ACCESORIOS Y GASTOS DE MANTENIMIENTO	
SA	EC	1	A MAYOR VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MENOR INVERSIÓN POR USUARIO, MENOR TIEMPO PARA LA RECUPERACIÓN DE LO INVERTIDO	SB	EC	0	LAS ACTIVIDADES DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA SON CONSTANTES AL INTERIOR DE LA VIVIENDA (DESCARGA SANITARIOS) POR LO QUE EL CONSUMO NO DEPENDE DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE ESTA	SC	EC	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MAYOR INVERSIÓN Y GASTOS DE MANTENIMIENTO, MENOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	SD	EC	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR EL VOLUMEN DE AGUA A TRATAR, MAYOR INVERSIÓN Y GASTOS DE MANTENIMIENTO, MAYOR TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	
SA	ED	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE POR CADA UNIDAD HABITACIONAL	SB	ED	1	SI EL AGUA TRATADA NO PRESENTA LAS CONDICIONES FÍSICAS APTAS, EL USUARIO TENDERÁ A USAR AGUA POTABLE, LO QUE DISMINUYE EL AHORRO EN EL CONSUMO Y LA FACTURACIÓN	SC	ED	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MENOR CONSUMO DE AGUA POTABLE, MAYOR REDUCCIÓN PAGO DE FACTURA	SD	ED	0	LA DISMINUCIÓN DEL PAGO POR EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO MENSUAL A LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD, DEPENDE DIRECTAMENTE DEL AHORRO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE	
SA	SI	1	MAYOR ACEPTACIÓN DE UNA ESCALA MEDIA A PEQUEÑA DEL ORIGEN DEL AGUA (CONJUNTO)	SB	SI	0	SE ASUME QUE EL SISTEMA GARANTIZA LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS APTAS	SC	SI	1	A MAYOR NÚMERO DE ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN, MAYOR ACEPTACIÓN, CON LA CONDICIONANTE QUE NO TENGA CONTACTO DIRECTO CON LOS USUARIOS (ACTIVIDADES NO CONTEMPLADAS)	SD	SI	1	EL CONFORT DEL SISTEMA REPRESENTA CONTINUIDAD DE LAS ACTIVIDADES RUTINARIAS AL INTERIOR DE LA VIVIENDA SIN CAUSAR ALTERACIONES MAYORES	
SA	NO	1	MENOR ACEPTACIÓN A UNA ESCALA DE MEDIA A GRANDE (CIUDAD)	SB	NO	1	LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA TRATADA SON UN TEMA QUE PREOCUPA A LOS POSIBLES USUARIOS POR LOS MALESTARES QUE PUEDAN PRESENTAR	SC	NO	0	SE ACEPTAN LAS ACTIVIDADES QUE NO REPRESENTEN CONTACTO FÍSICO DIRECTO O INDIRECTO CON LAS PERSONAS Y/O ANIMALES (ACTIVIDADES NO CONTEMPLADAS)	SD	NO	0	EL CONFORT DEL SISTEMA REPRESENTA CONTINUIDAD DE LAS ACTIVIDADES RUTINARIAS AL INTERIOR DE LA VIVIENDA SIN CAUSAR ALTERACIONES MAYORES	

AA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

COMPARACIÓN PAREADA					
AA	SA	SB	SC	SD	ED
SA	1,00	3,00	5,00	9,00	1,00
SB	0,33	1,00	3,00	5,00	0,33
SC	0,20	0,33	1,00	3,00	0,29
SD	0,11	0,20	0,33	1,00	0,11
ED	1,00	3,00	7,00	9,00	1,00
Σ	2,6	7,5	16,3	27,0	2,7

PONDERACIÓN					
SA	SB	SC	SD	ED	VP
0,38	0,40	0,31	0,33	0,37	0,36
0,13	0,13	0,18	0,19	0,12	0,15
0,08	0,04	0,06	0,11	0,10	0,08
0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03
0,38	0,40	0,43	0,33	0,37	0,38

AB REDUCCIÓN VOLUMEN AGUA RESIDUAL VERTIDA

COMPARACIÓN PAREADA					
AB	SA	SB	SC	SD	AA
SA	1,00	0,33	1,00	3,00	0,11
SB	3,00	1,00	3,00	5,00	0,20
SC	1,00	0,33	1,00	3,00	0,11
SD	0,33	0,20	0,33	1,00	0,11
AA	9,00	5,00	9,00	9,00	1,00
Σ	14,3	6,9	14,3	21,0	1,5

PONDERACIÓN					
SA	SB	SC	SD	AA	VP
0,07	0,05	0,07	0,14	0,07	0,08
0,21	0,15	0,21	0,24	0,13	0,19
0,07	0,05	0,07	0,14	0,07	0,08
0,02	0,03	0,02	0,05	0,07	0,04
0,63	0,73	0,63	0,43	0,65	0,61

AC AUMENTO CONSUMO ELÉCTRICO

COMPARACIÓN PAREADA				
AC	SA	SC	SD	EB
SA	1,00	0,33	3,00	0,14
SC	3,00	1,00	7,00	0,33
SD	0,33	0,14	1,00	0,11
EB	7,00	3,00	9,00	1,00
Σ	11,3	4,5	20,0	1,6

PONDERACIÓN				
SA	SC	SD	EB	VP
0,09	0,07	0,15	0,09	0,10
0,26	0,22	0,35	0,21	0,26
0,03	0,03	0,05	0,07	0,05
0,62	0,67	0,45	0,63	0,59

AD MANEJO DE LODOS RESIDUALES

COMPARACIÓN PAREADA			
AD	SA	SC	EB
SA	1,00	3,00	0,20
SC	0,33	1,00	0,14
EB	5,00	7,00	1,00
Σ	6,3	11,0	1,3

PONDERACIÓN			
SA	SC	EB	VP
0,16	0,27	0,15	0,19
0,05	0,09	0,11	0,08
0,79	0,64	0,74	0,72

EA INVERSIÓN DEL SISTEMA

COMPARACIÓN PAREADA			
EA	SA	SC	SD
SA	1,00	3,00	7,00
SC	0,33	1,00	3,00
SD	0,14	0,33	1,00
	1,5	4,3	11,0

PONDERACIÓN			
SA	SC	SD	VP
0,68	0,69	0,64	0,67
0,23	0,23	0,27	0,24
0,10	0,08	0,09	0,09

EB GASTOS DE MANTENIMIENTO Y USO

COMPARACIÓN PAREADA						
EB	SA	SB	SC	SD	AC	AD
SA	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33
SB	0,33	1,00	3,00	3,00	0,20	0,20
SC	0,33	0,33	1,00	3,00	0,20	0,33
SD	0,33	0,33	0,33	1,00	0,11	0,20
AC	3,00	5,00	5,00	9,00	1,00	3,00
AD	3,00	5,00	3,00	5,00	0,33	1,00
	8,0	14,7	15,3	24,0	2,2	5,1

PONDERACIÓN						
SA	SB	SC	SD	AC	AD	VP
0,13	0,20	0,20	0,13	0,15	0,07	0,14
0,04	0,07	0,20	0,13	0,09	0,04	0,09
0,04	0,02	0,07	0,13	0,09	0,07	0,07
0,04	0,02	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04
0,38	0,34	0,33	0,38	0,46	0,59	0,41
0,38	0,34	0,20	0,21	0,15	0,20	0,25

EC TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

COMPARACIÓN PAREADA									
EC	SA	SC	SD	AA	AC	AD	EA	EB	ED
SA	1,00	3,00	3,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,33
SC	0,33	1,00	3,00	0,33	0,33	5,00	0,20	0,20	0,20
SD	0,33	0,33	1,00	0,11	0,14	3,00	0,14	0,14	0,14
AA	3,00	3,00	9,00	1,00	1,00	9,00	0,33	3,00	0,33
AC	5,00	3,00	7,00	1,00	1,00	7,00	0,33	3,00	1,00
AD	0,33	0,20	0,33	0,11	0,14	1,00	0,14	0,14	0,11
EA	3,00	5,00	7,00	3,00	3,00	7,00	1,00	3,00	1,00
EB	3,00	5,00	7,00	0,33	0,33	7,00	0,33	1,00	0,33
ED	3,00	5,00	7,00	3,00	1,00	9,00	1,00	3,00	1,00
	19,0	25,5	44,3	9,2	7,2	51,0	3,8	13,8	4,5

PONDERACIÓN									
SA	SC	SD	AA	AC	AD	EA	EB	ED	VP
0,05	0,12	0,07	0,04	0,03	0,06	0,09	0,02	0,07	0,06
0,02	0,04	0,07	0,04	0,05	0,10	0,05	0,01	0,04	0,05
0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,02
0,16	0,12	0,20	0,11	0,14	0,18	0,09	0,22	0,07	0,14
0,26	0,12	0,16	0,11	0,14	0,14	0,09	0,22	0,22	0,16
0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02
0,16	0,20	0,16	0,33	0,42	0,14	0,26	0,22	0,22	0,23
0,16	0,20	0,16	0,04	0,05	0,14	0,09	0,07	0,07	0,11
0,16	0,20	0,16	0,33	0,14	0,18	0,26	0,22	0,22	0,21

ED REDUCCIÓN PAGO FACTURA

COMPARACIÓN PAREADA				
ED	SB	SC	AA	EC
SB	1,00	3,00	0,20	0,33
SC	0,33	1,00	0,11	0,33
AA	5,00	9,00	1,00	5,00
EC	3,00	3,00	0,20	1,00
	9,3	16,0	1,5	6,7

PONDERACIÓN				
SB	SC	AA	EC	VP
0,11	0,19	0,13	0,05	0,12
0,04	0,06	0,07	0,05	0,06
0,54	0,56	0,66	0,75	0,63
0,32	0,19	0,13	0,15	0,20

SA ORIGEN DEL AGUA (DOMESTICAS - ESCALA)

COMPARACIÓN PAREADA			
SA	SB	AA	AB
SB	1,00	0,14	0,20
AA	7,00	1,00	3,00
AB	5,00	0,33	1,00
	13,0	1,5	4,2

PONDERACIÓN			
SB	AA	AB	VP
0,08	0,10	0,05	0,07
0,54	0,68	0,71	0,64
0,38	0,23	0,24	0,28

SB PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA

COMPARACIÓN PAREADA				PONDERACIÓN			
SB	SD	AD	EB	SD	EB	AD	VP
SD	1,00	0,33	0,20	0,11	0,08	0,13	0,11
AD	3,00	1,00	0,33	0,33	0,23	0,22	0,26
EB	5,00	3,00	1,00	0,56	0,69	0,65	0,63
	9,0	4,3	1,5				

SC ACTIVIDADES PARA REUTILIZACIÓN

COMPARACIÓN PAREADA						PONDERACIÓN					
SC	SA	SB	SD	AC	ED	SA	SB	SD	AC	ED	VP
SA	1,00	0,14	0,33	0,14	0,14	0,04	0,07	0,02	0,03	0,03	0,04
SB	7,00	1,00	7,00	3,00	3,00	0,28	0,51	0,38	0,56	0,56	0,46
SD	3,00	0,14	1,00	0,20	0,20	0,12	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06
AC	7,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,28	0,17	0,27	0,19	0,19	0,22
ED	7,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,28	0,17	0,27	0,19	0,19	0,22
	25,0	2,0	18,3	5,3	5,3						

SD CONFORT DEL SISTEMA (INST. INTERIOR DE LA VIVIENDA)

COMPARACIÓN PAREADA				PONDERACIÓN			
SD	SC	EA	EB	SC	EA	EB	VP
SC	1,00	0,20	0,33	0,11	0,13	0,08	0,11
EA	5,00	1,00	3,00	0,56	0,65	0,69	0,63
EB	3,00	0,33	1,00	0,33	0,22	0,23	0,26
	9,0	1,5	4,3				

ALTERNATIVA SI

COMPARACIÓN PAREADA							
SI	SA	SC	SD	AA	AB	EC	ED
SA	1,00	3,00	0,33	0,33	5,00	3,00	0,33
SC	0,33	1,00	0,20	0,20	3,00	3,00	0,20
SD	3,00	5,00	1,00	0,33	7,00	5,00	0,33
AA	3,00	5,00	3,00	1,00	9,00	5,00	0,33
AB	0,20	0,33	0,14	0,11	1,00	0,33	0,11
EC	0,33	0,33	0,20	0,20	3,00	1,00	0,11
ED	3,00	5,00	3,00	3,00	9,00	9,00	1,00
	10,9	19,7	7,9	5,2	37,0	26,3	2,4

PONDERACIÓN							
SA	SC	SD	AA	AB	EC	ED	VP
0,09	0,15	0,04	0,06	0,14	0,11	0,14	0,11
0,03	0,05	0,03	0,04	0,08	0,11	0,08	0,06
0,28	0,25	0,13	0,06	0,19	0,19	0,14	0,18
0,28	0,25	0,38	0,19	0,24	0,19	0,14	0,24
0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,05	0,02
0,03	0,02	0,03	0,04	0,08	0,04	0,05	0,04
0,28	0,25	0,38	0,58	0,24	0,34	0,41	0,36

ALTERNATIVA NO

COMPARACIÓN PAREADA							
NO	SA	SB	AC	AD	EA	EB	EC
SA	1,00	0,33	0,33	3,00	0,20	0,33	3,00
SB	3,00	1,00	0,33	3,00	0,20	0,33	3,00
AC	3,00	3,00	1,00	5,00	0,33	0,33	5,00
AD	0,33	0,33	0,20	1,00	0,11	0,11	0,33
EA	5,00	5,00	3,00	9,00	1,00	3,00	9,00
EB	3,00	3,00	3,00	9,00	0,33	1,00	7,00
EC	0,33	0,33	0,20	3,00	0,11	0,14	1,00
	15,7	13,0	8,1	33,0	2,3	5,3	28,3

PONDERACIÓN							
SA	SB	AC	AD	EA	EB	EC	VP
0,06	0,03	0,04	0,09	0,09	0,06	0,11	0,07
0,19	0,08	0,04	0,09	0,09	0,06	0,11	0,09
0,19	0,23	0,12	0,15	0,15	0,06	0,18	0,15
0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,01	0,03
0,32	0,38	0,37	0,27	0,44	0,57	0,32	0,38
0,19	0,23	0,37	0,27	0,15	0,19	0,25	0,24
0,02	0,03	0,02	0,09	0,05	0,03	0,04	0,04